

Departement für Nutztiere, Klinik für Reproduktionsmedizin  
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Vorsteher des Departements: Prof. Dr. med. vet. Heiner Bollwein

Arbeit unter wissenschaftlicher Betreuung von  
Prof. Dr. med. vet. Ulrich Bleul

**Überprüfung der Bedeutung der Follikelgrösse bei der Besamung  
und der Gelbkörpermorphologie 8 bis 10 Tage *post inseminationem* bezüglich  
einer erfolgreichen Konzeption bei Milchkühen mittels  
Ultraschalluntersuchung und Progesteronbestimmung**

**Inaugural-Dissertation**

zur Erlangung der Doktorwürde der  
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

**Mario Eggenschwiler**

Tierarzt  
von Aedermannsdorf, Solothurn

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. med. vet. Ulrich Bleul, Referent  
Prof. Dr. med. vet. Michael Hässig, Korreferent

**2021**



# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Zusammenfassung .....</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>2. Summary.....</b>   | <b>10</b> |
| <b>3. Einleitung und Zielsetzung .....</b>                     | <b>11</b> |
| <b>4. Literaturübersicht .....</b>                             | <b>14</b> |
| 4.1 Sexualzyklus beim weiblichen Rind.....                     | 14        |
| 4.1.1 Hormonelle Steuerung des Sexualzyklus .....              | 14        |
| 4.1.1.1 Gonadotropine.....                                     | 14        |
| 4.1.1.2 Neurohormone des Hypothalamus .....                    | 15        |
| 4.1.1.3 Östrogene.....   | 15        |
| 4.1.1.4 Progesteron.....                                       | 15        |
| 4.1.1.5 Prostaglandine.....                                    | 15        |
| 4.2 Ovarieller Zyklus.....                                     | 15        |
| 4.2.1 Follikel.....  | 16        |
| 4.2.1.1 Follikulogenese.....                                   | 16        |
| 4.2.1.2 Rekrutierung.....                                      | 17        |
| 4.2.1.3 Selektion.....   | 17        |
| 4.2.1.4 Dominanz, Atresie, Ovulation .....                     | 18        |
| 4.2.1.5 Ultraschallsonografie Follikel .....                   | 18        |
| 4.2.2 Gelbkörper .....   | 19        |
| 4.2.2.1 Bildung und Funktion des Gelbkörpers .....             | 19        |
| 4.2.2.2 Luteolyse .....  | 20        |
| 4.2.2.3 Kompakter Gelbkörper und Gelbkörper mit Hohlraum ..... | 20        |
| 4.2.2.4 Histologie.....  | 22        |
| 4.2.2.5 Ultraschalluntersuchung des CL .....                   | 22        |
| 4.2.3 Progesteron .....  | 23        |
| 4.2.3.1 Endogenes Progesteron .....                            | 24        |
| 4.2.3.1.1 Synthese.....  | 24        |
| 4.2.3.1.2 Sekretion.....                                       | 24        |
| 4.2.3.1.3 Wirkung.....   | 24        |
| 4.2.3.1.4 Konzentrationen .....                                | 25        |
| 4.2.3.1.5 Metabolisierung.....                                 | 25        |
| 4.3 Trächtigkeitsultraschalluntersuchung .....                 | 26        |
| 4.4 Embryonale Mortalität.....                                 | 26        |
| <b>5. Material und Methoden .....</b>                          | <b>28</b> |
| 5.1 Tiere .....  | 28        |
| 5.2 Betriebe .....   | 28        |
| 5.3 Brunstbeobachtung und Brunstindex.....                     | 29        |
| 5.4 Versuchsanordnung und Beschrieb .....                      | 29        |
| 5.4.1 Zeitpunkt der KB .....                                   | 30        |
| 5.4.2 Zeitpunkt der Ovulationskontrolle.....                   | 30        |
| 5.4.3 Zeitpunkt der Gelbkörperkontrolle am Tag 8 bis 10 .....  | 31        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.4.4     | Zeitpunkt der frühen Trächtigkeitsuntersuchung (T 1)                                 | 31        |
| 5.4.5     | Zeitpunkt der definitiven Trächtigkeitsuntersuchung (T 2)                            | 31        |
| 5.5       | Gynäkologische Untersuchung und Brunstschleimindex                                   | 31        |
| 5.6       | Blutproben und Hormonbestimmung  | 32        |
| 5.7       | Ultraschalluntersuchungen  | 32        |
| 5.8       | Vermessung und Berechnung der Funktionskörper  | 33        |
| 5.9       | Jahreszeit   | 35        |
| 5.10      | Ausschluss von Tieren  | 35        |
| 5.11      | Statistische Auswertung  | 35        |
| <b>6.</b> | <b>Ergebnisse</b>  | <b>37</b> |
| 6.1       | Übersicht klinische Daten  | 37        |
| 6.1.1     | Zeitpunkt der künstlichen Besamung   | 37        |
| 6.1.1.1   | Erkrankungen, Anzahl Besamungen, Jahreszeit, Therapien vor der Besamung              | 37        |
| 6.1.1.2   | Brunstsymptome   | 37        |
| 6.1.1.3   | Gynäkologische Untersuchung vor der künstlichen Besamung                             | 37        |
| 6.1.1.3.1 | Vaginaler Schleim  | 37        |
| 6.1.1.3.2 | Brunstfollikel   | 38        |
| 6.1.1.4   | Progesteron  | 38        |
| 6.1.2     | Ovulationskontrolle  | 38        |
| 6.1.3     | Gelbkörperkontrolle 8 bis 10 Tage nach der Besamung                                  | 38        |
| 6.1.4     | Trächtigkeitsuntersuchung 32 bis 36 Tage nach der Besamung (T 1)                     | 38        |
| 6.1.5     | Trächtigkeitsuntersuchung ab 42 Tagen nach der Besamung (T 2)                        | 39        |
| 6.2       | Berechnungen über die Follikelflächen  | 39        |
| 6.2.1     | Follikelflächen und Gelbkörper   | 39        |
| 6.2.1.1   | Korrelation Follikelflächen und Gelbkörperflächen                                    | 39        |
| 6.2.1.2   | Gelbkörperflächen in Abhängigkeit vom Follikelgrenzwert 288 mm <sup>2</sup>          | 40        |
| 6.2.2     | Follikelflächen und Hohlräume der Gelbkörper   | 40        |
| 6.2.3     | Follikelflächen und Trächtigkeit   | 40        |
| 6.2.3.1   | Vergleich der Trächtigkeitshäufigkeit in Abhängigkeit von Follikelflächen            | 41        |
| 6.2.3.1.1 | Follikelflächengrenzwert 288 mm <sup>2</sup>   | 41        |
| 6.2.3.1.2 | Follikelflächengrenzwert 188 mm <sup>2</sup>   | 41        |
| 6.2.3.1.3 | Follikelflächengrenzwert 153 mm <sup>2</sup>   | 42        |
| 6.2.3.1.4 | Follikelflächen zwischen 188 und 268 mm <sup>2</sup>                                 | 42        |
| 6.2.3.1.5 | Follikelflächen zwischen 153 und 314 mm <sup>2</sup>                                 | 43        |
| 6.2.4     | Follikelflächen und Brunst   | 43        |
| 6.2.4.1   | Vergleich der Follikelflächen bei der KB und dem Brunstschleim sowie dem Brunstindex | 43        |
| 6.2.4.1.1 | Follikelflächengrenzwert 132 mm <sup>2</sup>   | 43        |
| 6.2.4.1.2 | Follikelflächengrenzwert 188 mm <sup>2</sup>   | 43        |
| 6.2.4.1.3 | Follikelflächengrenzwert 153 mm <sup>2</sup>   | 44        |
| 6.2.4.1.4 | Follikelflächengrenzwert 228 mm <sup>2</sup>   | 44        |
| 6.2.4.1.5 | Follikelflächen zwischen 188 und 268 mm <sup>2</sup>                                 | 44        |
| 6.2.4.1.6 | Follikelflächen zwischen 153 und 314 mm <sup>2</sup>                                 | 45        |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 6.2.5     | Folikelflächen und Progesteron.....   | 45 |
| 6.2.5.1   | Korrelation der Folikelflächen bei der KB und der Progesteronkonzentration bei der KB.....                | 45 |
| 6.2.5.2   | Korrelation der Folikelfläche bei der KB und der Progesteronkonzentration am Tag 8 bis 10.....            | 45 |
| 6.2.6     | Lokalisation der Folikelflächen und Brunstschleim.....  | 45 |
| 6.2.6.1   | Vergleich der Folikelflächen bei der KB und dem Brunstschleimindex sowie zur Lokalisation.....            | 45 |
| 6.3       | Berechnungen über die Gelbkörper.....   | 46 |
| 6.3.1     | Gelbkörper untereinander.....   | 46 |
| 6.3.1.1   | Korrelation und Vergleich zwischen den Gelbkörper am Tag 8 bis 10 und denen am Tag 32 bis 36.....         | 46 |
| 6.3.1.2   | Korrelation zwischen den Gelbkörper am Tag 8 bis 10 und denen ab Tag 42.....                              | 47 |
| 6.3.1.3   | Korrelation zwischen den Gelbkörper am Tag 32 bis 36 und denen ab Tag 42.....                             | 47 |
| 6.3.1.4   | Veränderung der Gelbkörperflächen über die Zeit.....  | 48 |
| 6.3.1.4.1 | Alle Gelbkörper.....  | 48 |
| 6.3.1.4.2 | Gelbkörper ohne Hohlraum.....   | 48 |
| 6.3.1.4.3 | Gelbkörper mit Hohlraum.....  | 49 |
| 6.3.2     | Gelbkörper und Hohlraum.....  | 49 |
| 6.3.2.1   | Vergleich und Korrelation der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 zu ihren Hohlräumen.....                  | 49 |
| 6.3.2.2   | Korrelation der Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 zu ihren Hohlräumen.....                               | 50 |
| 6.3.2.3   | Korrelation der Gelbkörperflächen ab Tag 42 zu ihren Hohlräumen.....                                      | 51 |
| 6.3.2.4   | Vergleich der Gelbkörperflächen mit und ohne Hohlraum am Tag 8 bis 10.....                                | 51 |
| 6.3.3     | Gelbkörper und Trächtigkeit.....  | 51 |
| 6.3.3.1   | Vergleich der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit des Trächtigkeitsbefundes.....            | 51 |
| 6.3.3.2   | Vergleich der Gelbkörperlokalisation am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit des Trächtigkeitsbefundes.....       | 51 |
| 6.3.4     | Gelbkörper und Progesteron.....   | 52 |
| 6.3.4.1   | Korrelation der Gelbkörperflächen und Progesteronkonzentrationen am Tag 8 bis 10.....                     | 52 |
| 6.3.5     | Gelbkörperflächen und Brunstsymptome.....   | 52 |
| 6.3.5.1   | Korrelation der Gelbkörperflächen zum Brunstschleimindex und zum Brunstindex.....                         | 52 |
| 6.4       | Berechnungen über die Hohlräume der Gelbkörper.....   | 53 |
| 6.4.1     | Hohlraumflächen untereinander.....  | 53 |
| 6.4.1.1   | Veränderung der Hohlraumfläche über die Zeit.....   | 53 |
| 6.4.2     | Hohlräume und Trächtigkeit.....   | 54 |
| 6.4.2.1   | Vergleich der Hohlraumgrösse am Tag 8 bis 10 zur Trächtigkeit.....  | 54 |
| 6.4.2.2   | Beziehung der Trächtigkeit ab Tag 42 zum Hohlraum des Gelbkörpers am Tag 8 bis 10.....                    | 54 |
| 6.4.3     | Hohlraumflächen und Brunstanzeichen.....  | 55 |
| 6.4.3.1   | Vergleich und Korrelation der Hohlraumflächen am Tag 8 bis 10 und dem Brunstschleim- und Brunstindex..... | 55 |
| 6.5       | Progesteronkonzentration.....   | 55 |
| 6.5.1     | Progesteronkonzentration und Gelbkörperflächen.....   | 55 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 6.5.1.1   | Korrelation der Progesteronkonzentrationen bei der KB und der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10, Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 .....                                  | 55 |
| 6.5.2     | Progesteronkonzentration und Hohlraum .....   | 55 |
| 6.5.2.1   | Korrelation der Progesteronkonzentrationen bei der KB und der Hohlraumflächen am Tag 8 bis 10 .....   | 55 |
| 6.5.3     | Progesteronkonzentration und Trächtigkeit .....   | 56 |
| 6.5.3.1   | Vergleich der Progesteronkonzentrationen bei der KB in Abhängigkeit zum Nachweis der Trächtigkeit am Tag 32 bis 36 .....  | 56 |
| 6.5.3.2   | Vergleich der Progesteronkonzentration bei der KB in Abhängigkeit zum Nachweis der Trächtigkeit ab Tag 42 .....   | 56 |
| 6.5.3.2.1 | Progesteronkonzentrationsgrenzwert 1.0 ng/ml .....  | 56 |
| 6.5.3.2.2 | Progesteronkonzentrationsgrenzwert 0.5 ng/ml .....  | 56 |
| 6.5.4     | Progesteronkonzentrationen untereinander .....  | 57 |
| 4.5.4.1   | Korrelation der Progesteronkonzentration bei der KB und der am Tag 8 bis 10 .....   | 57 |
| 6.5.5     | Progesteronkonzentrationen und Brunstindizes .....  | 57 |
| 6.5.5.1   | Progesteronkonzentrationen bei der KB .....   | 57 |
| 6.5.5.1.1 | Progesteronkonzentrationsgrenzwert 1.0 ng/ml .....  | 57 |
| 6.5.5.1.2 | Progesteronkonzentrationsgrenzwert 0.5 ng/ml .....  | 57 |
| 6.5.5.2   | Korrelation der Progesteronkonzentrationen und den Brunstscheim- sowie dem Brunstindizes .....  | 58 |
| 6.6       | Einfluss der Jahreszeit .....   | 58 |
| 6.6.1     | Jahreszeit und Follikelfläche .....   | 58 |
| 6.6.1.1   | Vergleich der Follikelflächen bei der KB in Abhängigkeit der Jahreszeit .....   | 58 |
| 6.6.2     | Jahreszeit und Gelbkörper .....   | 58 |
| 6.6.2.1   | Vergleich Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zur Jahreszeit .....  | 58 |
| 6.6.2.2   | Vergleich der Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 in Abhängigkeit zur Jahreszeit .....   | 59 |
| 6.6.3     | Jahreszeit und Hohlraum .....   | 59 |
| 6.6.3.1   | Vergleich der Hohlraumflächen der Gelbkörper am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zur Jahreszeit .....   | 60 |
| 6.6.4     | Jahreszeit und Trächtigkeit .....   | 60 |
| 6.6.4.1   | Vergleich der Trächtigkeit am Tag 32 bis 36 in Abhängigkeit zur Jahreszeit .....  | 60 |
| 6.6.5     | Jahreszeit und Progesteronkonzentration .....   | 60 |
| 6.6.5.1   | Vergleich der Progesteronkonzentrationen bei der KB und am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zur Jahreszeit .....  | 60 |
| 6.6.6     | Jahreszeit und Brunst .....   | 61 |
| 6.6.6.1   | Vergleich des Brunstscheim- und Brunstindex in Abhängigkeit zur Jahreszeit .....  | 61 |
| 6.7       | Einfluss der Zeit von der Abkalbung bis zur KB .....  | 62 |
| 6.7.1     | Zeitraum von der Abkalbung bis zur KB und Follikelfläche sowie Gelbkörperfläche .....   | 62 |
| 6.7.1.1   | Korrelation des Zeitraumes von der Abkalbung bis zur KB und der Follikelfläche bei der KB sowie der Gelbkörperflächen an den Tagen 8 bis 10, 32 bis 36 und 42 ..... | 62 |
| 6.7.2     | Zeitraum bis zur KB und Hohlraum .....  | 62 |
| 6.7.2.1   | Korrelation der Zeit bis zur KB und der Hohlraumfläche der Gelbkörper am Tag 8 bis 10 .....   | 62 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 6.7.3      | Zeitraum bis zur KB und Trächtigkeit .....   | 62 |
| 6.7.3.1    | Vergleich des Zeitraums bis zur KB in Abhängigkeit der Trächtigkeit am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 .....                                   | 62 |
| 6.7.4      | Zeitraum bis zur KB und Progesteronkonzentration .....   | 63 |
| 6.7.4.1    | Korrelation zwischen dem Zeitraum bis zur KB und den Progesteronkonzentrationen bei der KB und am Tag 8 bis 10 .....                       | 63 |
| 6.7.5      | Zeitraum bis zur KB und Jahreszeit .....   | 63 |
| 6.7.5.1    | Vergleich des Zeitraums bis zur KB in Abhängigkeit der Jahreszeit .....  | 63 |
| 6.7.6      | Zeitraum bis zur KB und Brunst .....   | 64 |
| 6.7.6.1    | Korrelation des Zeitraums bis zur KB zum Brunstscheimindex und zum Brunstindex .....   | 64 |
| 6.8        | Einfluss der Milchleistung .....   | 64 |
| 6.8.1      | Milchleistung und Flächen der Funktionsgebilde .....   | 64 |
| 6.8.1.1    | Korrelation der Milchleistung und der Follikelfläche bei der KB und der Gelbkörperflächen an den Tagen 8 bis 10, 32 bis 36 und ab 42 ..... | 64 |
| 6.8.2      | Milchleistung und Trächtigkeit .....   | 64 |
| 6.8.2.1    | Beziehung der Milchleistung zur Trächtigkeit am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 .....  | 64 |
| 6.8.3      | Milchleistung und Progesteron .....  | 65 |
| 6.8.3.1    | Korrelation der Milchleistungen und den Progesteronkonzentrationen zum Zeitpunkt der KB .....  | 65 |
| 6.8.4      | Milchleistung und Zeitraum bis zur KB .....  | 65 |
| 6.8.4.1    | Korrelation der Milchleistung und des Zeitraums von der Abkalbung bis zur KB .....   | 65 |
| 6.8.5      | Milchleistung und Brunst .....   | 65 |
| 6.8.5.1    | Korrelation der Milchleistung zum Brunstscheim- und Brunstindex .....  | 65 |
| 6.9        | Einfluss der Laktation .....   | 66 |
| 6.9.1      | Vergleich der Laktationsnummer in Abhängigkeit des Brunstscheim- und Brunstindex .....   | 66 |
| 6.10       | Einfluss der Rasse .....   | 67 |
| 6.10.1     | Rasse und Follikelfläche .....   | 67 |
| 6.10.1.1   | Vergleich der Follikelfläche bei der KB in Abhängigkeit von der Rasse .....  | 67 |
| 6.10.2     | Rasse und Gelbkörper .....   | 67 |
| 6.10.2.1   | Vergleich der Gelbkörperfläche am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit von der Rasse .....   | 67 |
| 6.10.2.2   | Vergleich der Gelbkörperfläche am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 in Abhängigkeit von der Rasse .....  | 67 |
| 6.10.2.2.1 | Alle Rassen .....  | 67 |
| 6.10.2.2.2 | Red Holstein und Holstein Friesian .....   | 68 |
| 6.10.3     | Rasse und Hohlraum .....   | 68 |
| 6.10.3.1   | Vergleich der Hohlraumflächen der Gelbkörper am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zu der Rasse .....  | 68 |
| 6.10.3.1.1 | Alle Rassen .....  | 68 |
| 6.10.3.1.2 | Red Holstein und Holstein Friesian .....   | 69 |
| 6.10.4     | Rasse und Progesteronkonzentration .....   | 69 |
| 6.10.4.1   | Vergleich der Rasse in Abhängigkeit zur Progesteronkonzentration bei der KB und am Tag 8 bis 10 .....                                      | 69 |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 6.10.5     | Rasse und Zeitraum bis zur KB .....  | 69        |
| 6.10.5.1   | Vergleich der Rasse in Abhängigkeit zum Zeitraum von der Abkalbung bis zur KB..... | 70        |
| 6.10.6     | Rasse und Milchleistung .....  | 70        |
| 6.10.6.1   | Vergleich der Rasse in Abhängigkeit zur Milchleistung .....                        | 70        |
| 6.10.7     | Rasse und Brunst .....   | 70        |
| 6.10.7.1   | Vergleich der Rasse in Abhängigkeit zum Brunstschleim- und Brunstindex.....        | 70        |
| 6.11       | Betriebsvergleiche .....   | 70        |
| <b>7.</b>  | <b>Diskussion.....</b>   | <b>72</b> |
| 7.1        | Einleitung.....  | 72        |
| 7.2        | Follikel .....   | 72        |
| 7.3        | Gelbkörper und Hohlräume .....   | 73        |
| 7.4        | Progesteron .....  | 76        |
| 7.5        | Jahreszeit .....   | 78        |
| 7.6        | Schleimindex .....   | 80        |
| 7.7        | Zeitspanne bis zur KB und Milchleistung .....                                      | 81        |
| 7.8        | Rassenabhängigkeit .....   | 82        |
| 7.9        | Schlussfolgerungen .....   | 82        |
| <b>8.</b>  | <b>Literaturverzeichnis .....</b>  | <b>84</b> |
| <b>9.</b>  | <b>Anhang.....</b>   | <b>94</b> |
| 9.1        | Datenblatt Kuh.....  | 94        |
| 9.2        | Datenblatt Betrieb.....  | 96        |
| 9.3        | Informationsbrief und Einverständniserklärung .....                                | 97        |
| <b>10.</b> | <b>Danksagung</b>  |           |
| <b>11.</b> | <b>Curriculum Vitae</b>  |           |



# 1. Zusammenfassung

Der Besamungserfolg bei Kühen wird durch viele Faktoren beeinflusst. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, Erkenntnisse über die Beziehungen von dominanten Follikeln, Gelbkörpern und deren Hohlräume sowie einer allfälligen Trächtigkeit bei Milchkühen unter Feldbedingungen zu gewinnen. Die Daten wurden bei 176 laktierenden Milchkühen erhoben, welche von ihren Besitzern bei einer privaten Tierarztpraxis zur künstlichen Besamung angemeldet wurden. Die Kühe wurden gynäkologisch mittels Sonografie am Tag der Besamung, 24 Stunden nach der Besamung, am Tag 8 bis 10, am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 nach Besamung gynäkologisch untersucht. Zudem wurde am Tag der Besamung und am Tag 8 bis 10 Blut aus der *Vena coccygea* zur Progesteronbestimmung entnommen. Durch Resultate dieser Feldstudie über Follikelgrössen, Progesteronkonzentrationen, Gelbkörpergrössen, Hohlräumen, Brunstsymptomen und -schleim bei Milchkühen mit spontanen Ovulationen konnten keine Hinweise in der Zeitspanne nach der Besamung auf ein erfolgreiches Trächtigkeitsergebnis gefunden werden. Zudem konnte keine Ursache über die Bildung von Hohlräumen in Gelbkörpern und derer Verbindungen zu vorangegangenen Funktionskörpern gefunden werden. Es konnte festgestellt werden, dass die Gelbkörperhohlräume während der Trächtigkeit bei gleichbleibender Luteingewebsfläche verschwinden. Aufgrund der Rasseunterschiede der Gelbkörpergrössen am Tag 32 bis 36 stellt sich die Frage nach einer möglichen genetischen Verankerung.

## 2. Summary

In dairy cattle, a lot of factors determine the success of an insemination. The aim of the present study was to generate findings about the relation between the dominant follicles, the corpora lutea with or without cavities and the pregnancy in dairy cows under field conditions. Data was obtained from 176 dairy cows, which were scheduled for artificial insemination by their owners. The cows were gynecologically examined by sonography at the time of insemination, 24 hours later, between day 8 to 10, between day 32 to 36 and after day 42 after insemination. Additionally, blood was taken from the coccygeal vein at the time of insemination and on day 8 to 10 to determine the progesterone blood level. The results of this field study show no relationship between a positive pregnancy result after insemination and the follicle sizes, blood progesterone levels, corpora lutea sizes and cavities, heat symptoms and mucus in dairy cows with spontaneous ovulation. Moreover, no cause was found for the formation of cavities in corpora lutea and there was no link to the follicle from which the corpus luteum developed. It was shown that the cavities disappeared during early pregnancy and that the luteal area stayed the same. Due to breed differences in corpus luteum sizes on day 32 to 36, the question of a possible genetic anchoring arises.

### 3. Einleitung und Zielsetzung

Das Streben nach maximaler Produktivität und Rentabilität in der Milchwirtschaft hat zur Folge, dass in einem modernen Milchviehstall die durchschnittlichen Milchleistungen der Milchkühe nicht zuletzt Dank züchterischem Fortschritt gesteigert werden konnten (Dekkers et al., 2002; Veerkamp et al., 2003; Bell et al., 2011). Hingegen ist bei den Kühen aber eine stetige Verschlechterung der Fruchtbarkeitskennzahlen erkennbar (Lucy, 2001; Washburn et al., 2002; Diskin et al., 2008). Diesem Umstand geschuldet, verwundert es auch nicht, wenn Abgänge häufig aufgrund schlechter Fruchtbarkeit geschehen (Kanitz et al., 2009). So weist die Reproduktionseffizienz bei Milchkühen gegenüber jener von Rindern erhebliche Unterschiede auf, wie beispielsweise, dass die Konzeptionsrate von Kühen etwa halb so hoch ist als jene der Rinder (Lucy, 2001; Washburn et al., 2002; Tenhagen et al., 2003), dass die Brunstdauer von Milchkühen ca. um acht Stunden kürzer ist (Lopez et al., 2004) oder dass der Trächtigkeitsverlust bei Milchkühen häufiger ist (Santos et al., 2010). Zusammenfassend sind dies alles Gründe für die erhöhte Infertilität der Milchkühe.

Um die Leistungen der Milchviehherde aufrecht zu erhalten, bedarf es pro Kuh jährlich eine Abkalbung, um eine Zwischenkalbezeit von rund zwölf Monaten zu erreichen (Mansfeld, 1999). Damit es zu einer erfolgreichen Besamung kommen kann, muss auf den Ovarien ein ovulationsfähiger Follikel gebildet werden (Kressin et al., 2011). Dies geschieht während eines Zyklus in zwei bis drei Wellen, bei welchen der dominante Follikel der letzten Follikelwelle dafür selektioniert wird (Ginther et al., 1989a). Nach der Ovulation mit Entsendung von Oozyten beginnt das ovulierte Gewebe zu luteinisieren und dadurch entstehen postovulatorische Gebilde, die sogenannten Gelbkörper (Smith et al., 1994). Diese auf den Ovarien lokalisierten Gelbkörpern synthetisieren und sezernieren unter anderem das trächtigkeitserhaltende Hormon Progesteron (Smith et al., 1994). Ein Mangel dieses Progesterons infolge einer erhöhten Stoffwechsellage und einen dadurch erhöhten Abbau in der Leber, aufgrund gesteigerter Leberdurchblutung, kann in einer verminderten Progesteronkonzentration im Blut während des Diöstrus resultieren (Beam et al., 1999; Sangsritavong et al., 2002). Dieser Umstand wirkt sich negativ auf eine erfolgreiche Konzeption und daraus folgender Frühträchtigkeit aus (Mann et al., 1999). Aus früheren Untersuchungen stammen Erkenntnisse, dass ein enger Zusammenhang zwischen den systemischen

Progesteronkonzentrationen und zyklusbedingten Veränderungen der Gelbkörpergrösse (Kastelic et al., 1990), des Gelbkörpergewichtes (Okuda et al., 1988; Smith et al., 1994) sowie als auch der lutealen Durchblutung (Herzog et al., 2010) besteht.

Gelbkörper wurden schon seit langem intensiv untersucht (Donaldson et al., 1965; Horstmann et al., 1973a). Anfänglich wurden durch morphologische Untersuchungen an Schlachtkörpern und durch rektale Palpation (Donaldson et al., 1965) erste Erkenntnisse gewonnen. Durch das Aufkommen der Ultraschallsonografie konnten ergänzend genauere Informationen über die Entwicklung und die Funktion erhoben werden (Tom et al., 1998). Pierson et al. (1984) berichteten erstmals von Gelbkörpern mit Hohlraum. Anhand nachfolgenden Studien konnte den Gelbkörpern mit Hohlraum ihren bis dahin unterstellten pathologischen Wirkungen widerlegt werden und somit ist nach aktuellem Wissenstand kein funktioneller Unterschied zwischen einem kompakten Gelbkörper und einem Gelbkörper mit Hohlraum bekannt (Aslan et al., 2003; Perez-Marin, 2009; Gaebler et al., 2015).

Die gesteigerte, postpartale Stoffwechselbelastung hochleistender Kühe hat einen negativen Einfluss auf die Follikelreifung und auf den Zeitpunkt des ersten Fruchtbarkeitszyklus nach der Kalbung (Beam et al., 1999). Dies kann sich negativ auf die Güstzeit auswirken und die nach Mansfeld (1999) anzustrebenden 115 Tage werden überschritten. Die Güstzeit ist das Zeitintervall von der Abkalbung bis zur erneuten Konzeption (Mansfeld, 1999). Gerade auch deswegen ist es wichtig, schon früh nicht-trächtige Kühe zu detektieren, um frühzeitig auf eine mögliche Infertilität zu reagieren (Pieterse et al., 1990). Es sind einige Methoden zur frühen Trächtigkeitsdiagnostik bei Kühen bekannt, wie beispielsweise das Nicht-Umrindern, die rektale Palpation, Hormontests und die transrektale Ultraschallsonografie (Gaja et al., 2009), welche heutzutage angewendet werden. Dadurch können nicht-trächtige Kühe bereits früh entweder durch veterinärmedizinisches Eingreifen oder durch Abwarten des nächsten natürlichen Östrus wieder besamungsfähig werden und somit kann Zeit, Geld und zusätzlicher Aufwand eingespart werden (Gaja et al., 2009).

Der Besamungserfolg bei Kühen wird durch viele Faktoren beeinflusst, wobei bei den ovariellen Ursachen ein verzögerter Eisprung bzw. eine nicht zeitgerechte Besamung zu den häufigsten Ursachen gehört (Sarmiento, 2004), warum eine Milchkuh nicht trächtig wird. Jedoch sind bisher keine morphologischen Parameter bekannt, die im Zeitraum nach einer Besamung Hinweise auf eine erfolgreiche Besamung geben. In

bisherigen Studien wurde die Beziehung von Follikelgrösse zum Besamungszeitpunkt und daraus folgender Trächtigkeitsrate bei Milchkühen (Keskin et al., 2016) oder die Beziehung der präovulatorischen Follikelgrösse und der Gelbkörpermorphologie bei Färsen untersucht (Perez-Marin, 2009). Zudem wurden in diesen Studien nur Tiere berücksichtigt, die mit einem Synchronisationsprogramm in Brunst gebracht wurden (Pfeifer et al., 2012).

Eine übergreifende Feldstudie, welche den Follikel, den Gelbkörper sowie die Trächtigkeit bei Milchkühen miteinander in Verbindung bringt, existiert bisher nicht. Die vorliegende Arbeit sollte diese Lücke schliessen, in dem sie einen Bogen vom ovulationsfähigen Follikel über die Bestimmung der Gelbkörpermorphologie acht bis zehn Tage *post inseminationem* bis hin zur Trächtigkeitsdiagnose spannt. Zusätzlich wurden Blutprogesteronkonzentrationen gemessen, um festzustellen, ob die in der Ultraschalluntersuchung der Eierstöcke festgestellten morphologischen Veränderungen der Funktionskörper auch eine hormonelle Auswirkung hatten. Damit könnten sich dann die pathophysiologischen Abläufe erklären, die zu einer Infertilität aufgrund ovarieller Störungen führen. Diese Studie zielte zudem auf die Untersuchung des Hohlraumes von Gelbkörpern. Es wurde versucht, Antworten auf die offenen Fragen, warum es zur Bildung von Hohlräumen kommt und was anhand ihnen für Aussagen getätigt werden können, zu generieren.

## 4. Literaturübersicht

### 4.1 Sexualzyklus beim weiblichen Rind

Die periodisch wiederkehrenden morphologischen, hormonellen und biochemischen Veränderungen an den weiblichen Geschlechtsorganen zur Vorbereitung einer Trächtigkeit werden als Brunst- oder Sexualzyklen bezeichnet (Kressin et al., 2011). Der Sexualzyklus der Kuh hängt nicht von den Jahreszeiten ab. Kühe sind somit ganzjährig (asaisonal) polyöstrisch, das heisst, sie haben mehrere hintereinander wiederkehrende Zyklen (Kressin et al., 2011). Ein Zyklus wird in vier Phasen eingeteilt, beginnend mit dem Östrus (Hauptbrunst) gefolgt vom Metöstrus (Nachbrunst) und vom Diöstrus (Zwischenbrunst) und übergehend in den Proöstrus (Vorbrunst) (Grunert, 1999; Kressin et al., 2011). Der Östrus bzw. die Brunst tritt im Schnitt alle 21 Tage auf, kann jedoch zwischen 18 bis 24 Tage variieren und dauert im Durchschnitt 18 Stunden (Bleach et al., 2004; Sirard et al., 2006). Der Metöstrus dauert drei bis vier Tage, der Diöstrus 13 bis 14 Tage und der Proöstrus zwei bis drei Tage (Kressin et al., 2011).

#### 4.1.1 Hormonelle Steuerung des Sexualzyklus

Die Steuerung des Sexualzyklus basiert auf einer komplexen und nur teilweise geklärten Kaskade kombinierter Aktivitäten des Zentralnervensystems, von Hormonen, der sie sezernierenden endokriner Drüsen und ihren Zielorganen (Beam et al., 1999). An dieser Steuerung beteiligte Hormone sind die Hypophysenvorderlappenhormone (Gonadotropine: das Follikelstimulierende Hormon (FSH), das Luteinisierungshormon (LH) und das Luteotrope Hormon (LTH oder Prolaktin), Neurohormone des Hypothalamus (Gonadotropin-Releasing-Hormone (GnRH)), Östrogene, Progesteron und Prostaglandine (Kressin et al., 2011).

##### 4.1.1.1 Gonadotropine

Sie werden im Vorderlappen der Adenohypophyse gebildet, dazu zählen das FSH, das LH und das LTH. FSH ist vor allem für das Follikelwachstum auf den Ovarien verantwortlich. LH regt die Follikelreifung sowie die Östrogensynthese an und induziert die Ovulation des Follikels. Zudem trägt es, teils zusammen mit dem LTH, auch zur Bildung und Funktion des frühen Gelbkörpers bei. LTH ist für die Mammogenese und Galaktopoese verantwortlich (Ginther et al., 2003; Kressin et al., 2011).

#### 4.1.1.2 Neurohormone des Hypothalamus

Das «Gonadotropin-Releasing-Hormone» (GnRH) aus dem Hypothalamus stimuliert die Abgabe von FSH und LH aus dem Hypophysenvorderlappen. Der «Prolactin Inhibiting Factor» (PIF) hemmt die Produktion und Sekretion von Prolaktin aus dem Hypothalamus. Die Stimulation zur Sekretion von GnRH sowie FSH und LH geschieht pulsatil (Thatcher et al., 1993).

#### 4.1.1.3 Östrogene

Sie entstehen vor allem im reifen, präovulatorischen Ovarialfollikel, indem in der *Theca interna* gebildete Androgene anschliessend in den Granulosazellen in Östrogene metabolisiert werden. Sie sind für die Proliferation des Endometriums verantwortlich und versetzen die glatte Muskulatur in erhöhte Kontraktionsbereitschaft. Zudem leiten sie das Brunstverhalten ein. Durch die Konzentration im Blut wird über den Hypothalamus die Ausschüttung der gonadotropen Hormone aus dem Hypophysenvorderlappen reguliert (Ginther, 2000; Pohler et al., 2012).

#### 4.1.1.4 Progesteron

Es entsteht vor allem in den Granulosaluteinzellen des Gelbkörpers und ist für die Aufnahme und Entwicklung der Keimblase im Uterus zuständig. Das Endometrium wird zur vermehrten Sekretion bewogen und die Kontraktionsbereitschaft der glatten Muskulatur nimmt ab. Durch die Konzentration im Blut wird über den Hypothalamus die Ausschüttung der gonadotropen Hormone aus dem Hypophysenvorderlappen reguliert (Geisert et al., 1992). Auf das Hormon Progesteron wird im Kapitel 4.2.3 «Progesteron» der Literaturübersicht vertiefter eingegangen.

#### 4.1.1.5 Prostaglandine

Sie werden in nahezu allen Geweben produziert. Unter dem Einfluss vom Gelbkörper sezerniertem Oxytozin entsteht in der Uterusschleimhaut das Prostaglandin F2 $\alpha$ . Dieses ist für die Rückbildung des Gelbkörpers verantwortlich, wirkt also luteolytisch (Davis et al., 1987).

### 4.2 Ovarieller Zyklus

Unter dem ovariellen Zyklus sind alle zyklusabhängigen Vorgänge auf den Ovarien während eines Brunstzyklus zu verstehen (Grunert, 1999). Dabei kommt es zur Bildung, zum Wachstum, zur Regression oder zur Ovulation von Follikeln (Kressin et al., 2011) und zur Entwicklung und Regression von Gelbkörpern (Ginther et al., 1989a). Die Follikel durchlaufen in ihrer Entwicklung die Stadien Primordial, Primär,

Sekundär und Tertiär, um anschliessend aus einem Tertiärfollikel zum ovulationsfähigen Graaf'schen (dominanten) Follikel weiter zu reifen (Grunert, 1999; Kressin et al., 2011). Die Ovulation des präovulatorischen Follikels geschieht rund 30 Stunden nach Beginn des Östrus, während dem die Brunstsymptome abgeklungen sind (Grunert, 1999; Wiltbank et al., 2006). Nach der Ovulation entsteht das Gelbkörpergewebe aus den in der Wand des kollabierten Follikels lokalisierten Granulosa- und Thekazellen (Smith et al., 1994). Dies geschieht durch zunehmende Luteinisierung per Vaskularisation, Wachstum und Proliferation dieser Zellen (Zheng et al., 1993; Niswender et al., 1994). Bei einer Trächtigkeit bleibt der Gelbkörper bestehen und wird zum *Corpus luteum graviditatis*, fand keine Befruchtung statt, wird er *Corpus luteum periodicum* genannt und bildet sich zyklusentsprechend am Ende des Diöstrus wieder zurück (Kressin et al., 2011).

#### 4.2.1 Follikel

##### 4.2.1.1 Follikulogenese

Der Brunstzyklus des Rindes ist ein dynamischer Prozess und das Heranwachsen und die Entwicklung der Follikel geschieht meist in zwei bis drei aufeinander folgenden Follikelwellen (Sirois et al., 1988; Ginther et al., 1989a; Adams, 1999; Bleach et al., 2004), wobei die Verteilung der Anzahl Wellen in den verschiedenen Studien variiert. Die Follikelwelle kann entsprechend dem funktionellen Wachstumsverlauf in Rekrutierung, Selektion, Dominanz und Ovulation oder Atresie eingeteilt werden (Kressin et al., 2011). Bereits am Tag vor der Ovulation beginnt die erste Follikelwelle eines dreiwelligen Zyklus, wobei eine Gruppe von drei bis sechs Follikeln, auch Kohorte genannt, aus dem Gesamtfollikelbestand des Ovars rekrutiert wird (Sirois et al., 1988; Bleach et al., 2004). Diese wachsen weiter, bis ihr Durchmesser mehr als 4 bis 5 mm beträgt (Ginther et al., 2001). Die zweite Follikelwelle beginnt etwa acht Tage nach der Ovulation, und die dritte Welle beginnt am Tag 16 des Zyklus (Ginther et al., 2001). Finden zwei Follikelwellen statt, startet die erste am Tag der Ovulation und dauert bis zum Tag zwölf. Die zweite Welle beginnt um den Tag zehn (Sirois et al., 1988; Ginther et al., 1989a). Aus dieser entstandenen Kohorte selektioniert sich ein dominanter Follikel heraus, der weiter heranwächst und sich differenziert, um zu einem präovulatorischen Follikel zu reifen, während die restlichen Follikel der Kohorte atresieren (Kressin et al., 2011). Entsprechend der Anzahl an Follikelwellen atresieren auch die dominanten Follikel der vorangegangenen Wellen im Diöstrus (Ginther et al.,



1996). Ginther et al. (1989a) konnten zeigen, dass zweiwellige Zyklen mit durchschnittlich 20.4 Tagen kürzer waren als dreiwellige Zyklen mit durchschnittlich 22.8 Tagen, was Bleach et al. (2004) auch feststellte. Daraus schlossen sie, dass die Entwicklung des dominanten Follikels zur präovulatorischen Grösse in dreiwelligen Zyklen später geschieht und in einer Zeitspanne von sieben Tagen erfolgt gegenüber einer Zeitspanne von elf Tagen in zweiwelligen Zyklen. Die Durchmesser der dominanten Follikel zum Zeitpunkt der Ovulation betrugen durchschnittlich 13.9 mm bei dreiwelligen Zyklen bzw. 16.5 mm bei zweiwelligen Zyklen (Ginther et al., 1989b). Roth et al. (2001a) konnten festhalten, dass die Entwicklungsdauer eines Follikels vom Entstehen bis hin zur Reifung zum dominanten Follikel ca. 40 bis 50 Tage dauert. Daraus schlossen sie, dass sich auf die Oozyten wirkender Hitzestress in dieser Zeitspanne später offenbaren kann.

#### 4.2.1.2 Rekrutierung

Die Rekrutierung wird durch einen Anstieg der FSH-Konzentration stimuliert und begleitet (Ginther et al., 1996; Kressin et al., 2011), wobei die Follikeldurchmesser zu diesem Zeitpunkt 4 bis 5 mm betragen (Ginther et al., 2001). Alle Follikel einer Kohorte verfügen über FSH spezifische Rezeptoren und benötigen das FSH für ihr Wachstum (Evans, 2003). In dieser Phase verfügen die wachsenden Follikel nicht über genügend LH Rezeptoren, daher wird diese Phase als FSH-abhängig bezeichnet. Die Rekrutierungsphase endet mit dem Beginn der Selektionsphase (Sirard et al., 2006).

#### 4.2.1.3 Selektion

In der Selektionsphase wächst ein Follikel unter FSH Einfluss schneller, dieser wird so zum dominanten Follikel während die restlichen subordinaten Follikel der Kohorte atresieren (Ginther et al., 1989a). Sobald der grösste sich bildende Follikel ungefähr 5 mm im Durchmesser misst, können Maximalwerte von FSH gemessen werden (Ginther et al., 1996). Anschliessend ist dieser durch erhöhte Exprimierung von LH-Rezeptoren befähigt, nun LH-abhängig weiterzuwachsen und die Deviationsphase früher zu erreichen (Ginther et al., 2001; Sartori et al., 2001). Deviation ist der Zeitpunkt, an dem es zu einem Auseinanderweichen der Wachstumsraten des sich entwickelnden dominanten Follikels und der im Wachstum zurückbleibenden subordinaten Follikeln kommt (Bao et al., 1997; Sartori et al., 2001). Zu diesem Zeitpunkt beträgt der durchschnittliche Durchmesser 8.5 mm (Ginther, 2000; Mihm et al., 2008). Der dominante Follikel unterdrückt das Wachstum der Kohorte, in dem er

durch die Produktion und Sekretion von Östradiol eine negative Rückkopplung auf die Ausschüttung von FSH ausübt (Mihm et al., 2008). Ginther et al. (2003) sowie Sartori et al. (2001) stellten fest, dass ein Follikel als dominant definiert werden kann, wenn er einen Durchmesser von 10 mm erreicht hat. Aus neusten Erkenntnissen konnte die Wirkung und Rolle von weiteren Modulatoren wie Wachstumsfaktoren, Insulin und Inhibin, welche bei der Selektion mitwirken, gewonnen werden (Mihm et al., 2008). Weiter ist bekannt, dass die Ovarien wichtige Orte der Expression sowie Zielorgan von «Insulin-like-growth factor-1» (IGF-1) sind und dass IGF-1 für eine Reihe von Prozessen im Follikel verantwortlich ist (Spicer et al., 1995; Butler et al., 2004).

#### 4.2.1.4 Dominanz, Atresie, Ovulation

Nach der Deviation nimmt der dominante Follikel durch das LH-Pulsmuster stetig an Grösse zu (Savio et al., 1993; Ginther et al., 2001), dies dank den in den Granulosazellen gebildeten LH-Rezeptoren (Bao et al., 1997; Sartori et al., 2001). Die Oozyte im Inneren des Follikels reift dadurch zunehmend (Sirard et al., 2006). Die Dominanz des Follikels dauert ca. vier Tage (Austin et al., 1999). Verlängert sich die Follikeldominanz, sinkt die Oozytenqualität sowie die daraus folgende Embryoqualität (Mihm et al., 1994; Revah et al., 1996). Die weitere Entwicklung des dominanten Follikels richtet sich nach dem Vorhandensein eines funktionellen Gelbkörpers. Hat der dominante Follikel in der progesteronproduzierenden Phase des Gelbkörpers (Diöstrus) seine maximale Grösse erreicht, geht er in Regression (Savio et al., 1993), ist kein aktiver Gelbkörper vorhanden, wächst er zum präovulatorischen Follikel heran und ovuliert mit einer durchschnittlichen Grösse von 13 bis 16 mm im Durchmesser (Kähn et al., 1986; Keskin et al., 2016). Die Ovulation des präovulatorischen Follikels wird durch die erhöhte LH-Pulsfrequenz ausgelöst, welche durch die vermehrte Sekretion von Östrogen des gereiften präovulatorischen Follikels induziert wird (Fortune et al., 2001; Lonergan, 2011).

#### 4.2.1.5 Ultrasonografie Follikel

Die Follikel stellen sich im Ultraschall aufgrund der Flüssigkeit in ihrem Inneren als anechogene, scharfrandige Gebilde dar (Pierson et al., 1984; Pieterse et al., 1990). Meistens erscheinen die Follikel rund, sie können jedoch aufgrund einschränkender Platzverhältnisse durch andere Funktionsgebilde auf dem Ovar ein unregelmässiges Erscheinungsbild annehmen (Pierson et al., 1988). Pierson et al. (1987) untersuchten die Zuverlässigkeit der transrektalen Ultraschalldiagnostik, verglichen mit den

Befunden nach der Schlachtung und kamen zum Schluss, dass mit der Sonografie eine hohe Übereinstimmung erzielt wurde. Der präovulatorische Follikel präsentiert sich am Tag der Brunst kugelig (Kähn et al., 1986) und besitzt zu diesem Zeitpunkt einen Minstdurchmesser von ca. 13 bis 16 mm (Kähn et al., 1986; Pierson et al., 1988) und verschwindet nach der Ovulation.

#### 4.2.2 Gelbkörper

##### 4.2.2.1 Bildung und Funktion des Gelbkörpers

Nach der Ovulation entsteht aus dem kollabierten Follikel der Gelbkörper. Dieser Prozess wird als Luteinisierung bezeichnet (Smith et al., 1994; Kressin et al., 2011). Dabei geschehen an den Zellen der *Granulosa folliculi* und der *Theca interna folliculi* des ovulierten Follikels strukturelle und funktionelle Veränderungen, so dass eine Struktur mit temporärer sekretorischer Funktion entsteht, der Gelbkörper oder *Corpora lutea* (CL) genannt (Zheng et al., 1993). Aus den Zellen der *Granulosa folliculi* entwickeln sich die grossen Lutealzellen und aus den Zellen der *Theca interna folliculi* die kleinen Lutealzellen (Smith et al., 1994). Das frühe und starke Wachstum des CL ist der Grössenzunahme der grossen Lutealzellen geschuldet, während das spätere Wachstum ab Tag vier vor allem aufgrund der Zellteilung der kleinen Lutealzellen und auf der Umwandlung derer in grosse Lutealzellen zustande kommt (Pieterse et al., 1990; Niswender et al., 1994). Diese beiden Zelltypen sind zur Steroidgenese fähig, wobei die grossen zur Synthese und Sekretion von Progesteron zuständig sind und die kleinen sich der Synthese von Progesteronvorstufen widmen (Donaldson et al., 1965). Zudem besteht das CL noch aus anderen Zelltypen wie Endothelzellen, Immunzellen und Fibroblasten (Donaldson et al., 1965) und in den grossen Lutealzellen wird zusätzlich Oxytozin und Neurophysin gebildet (Fields et al., 1996). Die Entstehung des CL wird durch LH stimuliert, aber es sind noch andere Hormone und Zytokine an der Entwicklung eines funktionsfähigen CL beteiligt (Berisha et al., 2005). In verschiedenen Studien wurde gezeigt, dass die CL Grösse einem zyklischen Verlauf unterliegt (Kastelic et al., 1990; Pieterse et al., 1990; Tom et al., 1998). So nimmt das CL bis Tag zehn an Grösse zu bis es danach eine Plateauphase erreicht und dann ca. zwei Tage nach Einsetzen der Luteolyse wieder kleiner wird (Kastelic et al., 1990; Singh et al., 1997; Tom et al., 1998) bis es schlussendlich regressiert ist.

#### 4.2.2.2 Luteolyse

Sollte sich zum Ende des Diöstrus keine Trächtigkeit manifestieren, geht das CL in Regression, dieser Vorgang wird als Luteolyse bezeichnet (Miyamoto et al., 2005; Siqueira et al., 2019). Die Luteolyse ermöglicht die Entwicklung eines neuen dominanten Follikels und ist somit für den Erhalt der Zyklizität wichtig. Die Luteolyse beginnt circa 16 Tage bei zweiwelligen resp. 22 Tage bei dreiwelligen Zyklen nach dem Östrus (Taylor et al., 1991), indem vom Uterus vermehrt das luteolytische Hormon PGF 2 $\alpha$  freigesetzt wird (Miyamoto et al., 2005). Diese Freisetzung basiert auf dem vom CL gebildeten Oxytozin, welches an Oxytozinrezeptoren im Endometrium bindet. Diese werden verstärkt exprimiert, weil die Follikel in der späten Lutealphase zunehmend Östradiol bilden und dadurch vermehrt Östrogenrezeptoren im Endometrium gebildet werden, was wiederum durch Bindung von Östradiol an diesen in einer vermehrten Bildung von Oxytozinrezeptoren resultiert (Taylor et al., 1991; Miyamoto et al., 2005; Araujo et al., 2009). Es stellt sich eine rasche funktionelle Regression des CL ein, welche durch einen Abfall in der Progesteronproduktion charakterisiert ist (Herzog et al., 2010). Danach kommt es als Folge des Progesteronabfalles zur strukturellen Regression (Miyamoto et al., 2005). Eine entscheidende Rolle bei der Luteolyse nehmen die grossen Luteinzellen ein, da diese Rezeptoren für PGF 2 $\alpha$  enthalten, die direkt stimuliert werden, und folglich in Apoptose übergehen (Niswender et al., 2000). Zum anderen wird die Blutzufuhr zum Gelbkörper durch Verringern der Gefässlumen rasch gesenkt (Miyamoto et al., 2005; Herzog et al., 2010). Hingegen ist das CL in den ersten fünf Tagen der Entstehung refraktär, das heisst, es kann nicht durch das luteolytische Hormon PGF 2 $\alpha$  zur Luteolyse bewegt werden (Miyamoto et al., 2005).

#### 4.2.2.3 Kompakter Gelbkörper und Gelbkörper mit Hohlraum

Die Gelbkörper können in zwei verschiedenen Erscheinungsformen vorkommen: Zum einen als kompakter Gelbkörper und zum anderen als Gelbkörper mit Hohlraum (Pierson et al., 1984; Balogh et al., 2014). Diese unterschiedlichen Erscheinungsformen wurden schon früh festgestellt und waren in zahlreichen Studien Gegenstand diverser Untersuchungen (Kähn et al., 1986; Pierson et al., 1987; Kastelic et al., 1990; Niswender et al., 2000; Perez-Marin, 2009; Siqueira et al., 2009). So wurden sämtliche Luteingebilde mit einem Hohlraum von Grunert (1969) als Gelbkörperzysten verstanden, welche entweder nach einer Ovulation oder durch Luteinisierung von anovulatorischen Follikeln entstanden. Im Gegensatz dazu waren

für Horstmann et al. (1973b) Gelbkörperzysten jene Gelbkörper mit Hohlraum, welche postovulatorisch entstanden. Sie versuchten sich dies anhand einer mangelhaften Ausschüttung des LH aus dem Hypophysenvorderlappen zu erklären, wobei dadurch die Luteinisierung der Granulosa- und Thekazellen verzögert abläuft. Balogh et al. (2014) schlugen eine nach neusten Erkenntnissen gewonnen Vorschlag einer einheitlichen Nomenklatur für flüssigkeitsgefüllte Ovarstrukturen vor. Sie unterscheiden als erstes, ob eine Struktur ovuliert oder nicht ovuliert ist. Danach machen sie es bei den ovulierten Strukturen von der Hohlraumgrösse und der Wanddicke abhängig, ob es ein Gelbkörper mit Hohlraum (Hohlraumdurchmesser  $< 1$  cm, Wanddicke  $> 1$  cm) oder es ein zystischer Gelbkörper ist (Hohlraumdurchmesser  $> 1$  cm, Wanddicke  $< 1$  cm). Ein weiterer Faktor, welcher in den beiden Erscheinungsformen untersucht wurde, ist die Blutprogesteronkonzentration. So liegen in der Literatur verschiedene Angaben dazu vor. Donaldson et al. (1965) stellten bei Kühen mit Gelbkörpern mit Hohlraum tiefere Blutprogesteronkonzentrationen fest als bei Kühen mit kompakten Gelbkörpern. Grygar et al. (1997) stellten das Gegenteil fest, also dass Gelbkörper mit Hohlraum mehr Progesteron produzieren. Kito et al. (1986) dagegen stellten keine Unterschiede fest, was andere Autoren wie Okuda et al. (1988) und Garcia et al. (2000) bestätigten. Zu den nicht unterschiedlichen Progesteronkonzentrationen konnte zudem auch keine Unterschiede in den Trächtigkeitsraten festgestellt werden und somit wurde nachgewiesen, dass beide Gelbkörperformen für die Etablierung und den Erhalt einer Trächtigkeit genügend Progesteron sezernieren (Kastelic et al., 1990; Veronesi et al., 2002). Dies stellten Perez-Marin (2009) und Singh et al. (1997) auch fest. Somit sind Gelbkörper mit Hohlraum und kompakte Gelbkörper, basierend auf diesen Erkenntnissen, funktionell als gleichwertig anzusehen und das Auftreten von Hohlräumen stellt kein pathologisches Geschehen in Bezug auf eine Trächtigkeit dar. Die Wachstumsdynamik von Gelbkörpern mit Hohlräumen wurde von Kähn (1986) mittels Ultraschografie untersucht. Er konnte aufzeigen, dass der Durchmesser des Hohlraumes im ersten Drittel des Zyklus auf durchschnittlich 11 mm anstieg. Dabei ist das Wachstum des Gelbkörper nach aussen gerichtet und hält vom achten bis zehnten Tag nach der Ovulation an. Danach beginnt ein nach innen gerichtetes Wachstum, wodurch die Hohlraumgrösse wieder verringert wird. Ähnliche Beobachtungen über die Wachstumsdynamik der Gelbkörper und ihre maximale Grösse konnten von Kähn (1989), Aslan et al. (2003) und von Grygar et al. (1997) festgestellt werden. Die

Gelbkörper mit Hohlraum weisen grössere Längen, Breiten und Volumina auf, als solches von kompakten Gelbkörpern, dies sowohl während des Brunstzyklus als auch in der Trächtigkeit (Kähn et al., 1989). Diese Erkenntnis stützte die Untersuchungen von Okuda et al. (1988), welche feststellten, dass die Gelbkörper mit Hohlraum ohne den flüssigen Hohlrauminhalt um etwa 1 g schwerer waren als kompakte Gelbkörper. Diese Untersuchung führten sie an Schlachtorganen durch. Der maximale Durchmesser eines Gelbkörperhohlraums tritt ca. am neunten Tag nach der Ovulation auf (Grygar et al., 1997; Kayacik et al., 2006) und Rizzo et al. (2016) konnten feststellen, dass in der Hohlraumflüssigkeit Progesteron vorhanden ist, aufgrund welchem sie para- und autokrine Vorgänge vermuten. Perez-Marin (2009) sowie Gaebler et al. (2015) konnten in ihren Versuchen beobachten, dass unabhängig von der Trächtigkeit aus grösseren und älteren (verlängerte Dominanzphase) Follikeln eher Gelbkörper mit Hohlräumen entstehen. Dies vermuteten Mihm et al. (1994) bereits, als sie feststellten, dass aus grösseren Follikeln durch verlängerte Dominanzphase über vier Tagen eher Gelbkörper mit Hohlräumen entstanden und dabei aber die Fruchtbarkeit negativ beeinflusst wurde, was auch von Revah et al. (1996) bestätigt wurde.

#### 4.2.2.4 Histologie

Okuda et al. (1988) führte an den zwei Erscheinungsformen der Gelbkörper histologische Untersuchungen durch. Dabei wurde festgestellt, dass sich die Verhältnisse der grossen zu den kleinen Lutealzellen unterschieden. In kompakten Gelbkörpern ist der Anteil an grossen Lutealzellen grösser als jener bei Gelbkörpern mit Hohlraum. Sie vermuteten, dass die kleinen Lutealzellen in Hohlraumnähe in ihrer Entwicklung zu den grossen Lutealzellen gehemmt werden. Boos (1988) bemerkte in seiner Untersuchung, dass im lumennahen Luteingewebe die grossen und kleinen Luteinzellen mehr Fett eingelagert haben als im restlichen Luteingewebe. Er vermutete deshalb, dass die Progesteronsyntheseaktivität in lumennahen Luteinzellen vermindert ist, möglicherweise aufgrund der hemmenden Wirkung von restlichem Östrogen in der Hohlraumflüssigkeit.

#### 4.2.2.5 Ultraschalluntersuchung des CL

Durch die Einführung der Ultraschalldiagnostik konnten etliche Abläufe auf den Ovarien besser verstanden werden, wie beispielsweise der Lebenszyklus der Gelbkörper (Pierson et al., 1988). Der junge Gelbkörper konnte von diversen sich

übereinstimmenden Autoren zwischen dem zweiten und vierten Zyklustag deutlich dargestellt und charakterisiert werden (Pierson et al., 1984; Kastelic et al., 1990). Die Grösse an diesen Tagen beträgt durchschnittlich 10 x 20 mm und die Echogenität ist gering, da er im Gegensatz zu dem ihn umgebenden Ovarparenchym aus lockerem Gewebe besteht, welches sich echogen darstellt. Das Längenwachstum pro Tag beträgt circa 2 mm und erreicht um den achten Zyklustag eine Grösse von rund 20 x 30 mm (Pierson et al., 1984; Kähn, 1986). Danach folgt ein Wachstumsstopp, der bis zum 14. Zyklustag anhält und anschliessend setzt eine Längenabnahme gegen Ende des Disötrus ein (Tom et al., 1998). Zudem wurde festgehalten, dass, ausgenommen bei der Rückbildung, die Durchmesseränderung stark mit der zyklischen Progesteronproduktion korrelieren (Tom et al., 1998; Kayacik et al., 2006). Diese Aktivitätsveränderungen in den Entwicklungsstadien konnte auch anhand der Echogenität der Gelbkörper dargestellt werden (Ireland et al., 1980). Durch die Zunahme der Lutealzellen während dem Wachstum des Gelbkörpers wird dieser echoärmer. Während der Plateauphase, bei welcher der Gelbkörper die maximale Aktivität besitzt, bleibt die Echogenität gleich und mit dem Beginn der Rückbildung wird dieser wieder echoreicher (Singh et al., 1997; Tom et al., 1998), so dass er sich wiederum schlecht vom Ovarparenchym abgrenzen lässt (Pieterse et al., 1990). Zudem wurde in jüngeren Studien festgestellt, dass die Echodichte besser mit den Blutprogesteronkonzentrationen korreliert als der Durchmesser der Gelbkörper (Herzog et al., 2010; Rocha et al., 2019). Bei Gelbkörpern mit Hohlraum erscheint dessen Hohlraum anechogen, oftmals oval und ist von luteinisierendem Gewebe umgeben (Pierson et al., 1987; Singh et al., 1997). Der Hohlraum ist erstmals zwischen dem dritten und fünften Zyklustag erkennbar, wobei dieser in bis zu 75 % der Gelbkörper beobachtet werden konnte (Kastelic et al., 1990). Es können im Hohlraum echogene, netzartige und fokale Strukturen vorkommen, von welchen vermutet wird, dass sie aus fibrinartigen Material und hämolysierten Erythrozyten bestehen (Pierson et al., 1987). Im Gegensatz dazu kann bei kompakten Gelbkörpern häufig eine echoreiche dünne Linie im Zentrum gesehen werden und ist vor allem feststellbar, wenn sich der Hohlraum des Gelbkörpers im Zyklusverlauf schliesst (Kähn et al., 1986), bei welcher vermutet wird, dass diese einem Luteinzellhaufen entspricht.

#### 4.2.3 Progesteron

#### 4.2.3.1 Endogenes Progesteron

Progesteron (P4) ist ein Vertreter der Gestagene und gehört zu den Steroidhormonen. Es besteht aus 21 Kohlenstoffatomen und wird aus Cholesterol synthetisiert. Die Progesteronproduktion in den Gelbkörpern unterliegt der Kontrolle der pulsatischen Gonadotropinsekretion (Geisert et al., 1992; Kroker, 1999).

##### 4.2.3.1.1 Synthese

P4 wird hauptsächlich im Gelbkörper aus der Ausgangssubstanz Cholesterol, welches lipoproteingebunden über das Blut zu den grossen Luteinzellen gelangt, synthetisiert und sezerniert (Grunert, 1999). Daneben wird es beim Rind zwischen dem 180. und 250. Trächtigkeitstag zusätzlich von der Plazenta synthetisiert (Grunert, 1999; Kressin et al., 2011) und zu einem gewissen Teil auch in der Nebennierenrinde (Wagner et al., 1972; Yoshida et al., 2005; Hollenstein et al., 2006). P4 wird in den grossen und kleinen Luteinzellen des CLs produziert, wobei die grossen Luteinzellen aufgrund der erhöhten histologischen erkennbaren Ansammlungen von glatten endoplasmatischen Retikulum und Mitochondrien stärker an der Synthese beteiligt sind (Fields et al., 1996; Niswender et al., 2000).

##### 4.2.3.1.2 Sekretion

Die P4-Sekretion aus den grossen Luteinzellen geschieht durch Stimulation der LH spezifischen Rezeptoren an den Zellmembranen, was die direkte intrazelluläre Aktivierung der Proteinkinase A, einem sekundären, intrazellulären Transmitter, zur Folge hat (Geisert et al., 1992; Perry et al., 2005). Über die zahlreichen Endothelzellen im CL wird das sezernierte P4 in die Zirkulation abgegeben (Donaldson et al., 1965). Die Sekretion beginnt um den vierten Tag und erreicht ihr Maximum am Tag acht bis zehn (Tom et al., 1998; Niswender et al., 2000).

##### 4.2.3.1.3 Wirkung

P4 bereitet das Endometrium auf die Nidation eines Embryos vor, hält die Trächtigkeit aufrecht und setzt durch negative Rückkopplung die GnRH-Freisetzung aus dem Hypothalamus herab (Geisert et al., 1992; Tom et al., 1998; Perry et al., 2005). Dies hat zur Folge, dass auch die Produktion und Freisetzung von FSH und LH in der Hypophyse herabgesetzt wird, was weitere Ovulationen unterdrückt. Da die Wirkung des Progesterons für die Reproduktion von zentraler Rolle ist, wurden etliche Studien zu P4 und der Trächtigkeit sowie dessen Einfluss auf den Embryo durchgeführt. Beeinträchtigung der embryonalen Entwicklung in der Frühträchtigkeit (Forde et al.,



2011) oder Trächtigkeitsverluste (Mann et al., 1999) wurden mit tiefen systemischen P4-Konzentrationen in Verbindung gebracht. Dagegen konnten bei hohen P4-Konzentrationen Zusammenhänge zwischen gesteigertem embryonalem Wachstum und damit erhöhter Interferon Tau Produktion sowie verbesserte Trächtigkeitsraten festgestellt werden (Mann et al., 1999; Mann et al., 2001; Forde et al., 2011). Darauf basierend haben Lonergan et al. (2013) und Lüttgenau et al. (2011) in ihren Studien zeigen können, dass ein früher und hoher Anstieg der P4-Konzentration in den ersten drei bis vier Tagen nach der Besamung eine entscheidende Voraussetzung für die Etablierung einer Trächtigkeit ist, während frühere Studien einen solchen Effekt dementieren (Van Cleeff et al., 1996; Beltman et al., 2009). Bleibt aufgrund des P4-Einflusses vom CL eine erhöhte pulsatile Ausschüttung von LH aus der Hypophyse aus (Lucy et al., 1992; Savio et al., 1993), atresiert der dominante Follikel und wird durch die neue Kohorte der zweiten resp. dritten Welle ersetzt (Sirois et al., 1988). P4 hat somit eine negative Rückkopplung auf die GnRH-Freisetzung aus dem Hypothalamus und damit einen hemmenden Effekt auf die Ausschüttung von LH aus der Hypophyse (Austin et al., 2002) und schlussendlich einen hemmenden Einfluss auf das Follikelwachstum. Zudem kann eine erhöhte P4-Konzentration im Östrus den Anstieg der LH Konzentration verhindern (Bage et al., 2000), welcher zur Deviation der Follikel benötigt wird (Ginther et al., 2001) sowie die Frequenz der LH Pulse reduzieren (Austin et al., 2002).

#### 4.2.3.1.4 Konzentrationen

Entsprechend des Zyklus des Rindes variiert die P4 Konzentration im Blut, positiv gekoppelt an den Lebenszyklus des CL (Pieterse et al., 1990; Tom et al., 1998). Im Östrus liegt die P4 Konzentration teils deutlich unter 1 ng/ml (Herzog et al., 2010). Nach der Ovulation steigt die Konzentration von P4 entsprechend der Ausbildung des CL an (Pieterse et al., 1990; Bollwein et al., 2000) und erreicht den höchsten Konzentrationsspiegel in der zweiten Hälfte des Diöstrus, bei welchem die Konzentrationen im Bereich von 8 bis 15 ng/ml liegt (Hansel et al., 1973).

#### 4.2.3.1.5 Metabolisierung

P4 wird in der Leber durch Glukuronidierung und Sulfatierung metabolisiert und beim Rind hauptsächlich über den Fäzes (Galle) aus dem Körper eliminiert (Kaneko et al., 2008). Die Eliminationshalbwertszeit beim Rind beträgt knapp fünf Minuten (Kroker, 1999). Sangsritavong et al. (2002) konnten feststellen, dass durch eine gesteigerte

Raufutteraufnahme bei Milchkühen, wie dies in der Hochlaktation der Fall ist, der Leberblutfluss auch gesteigert ist und somit eine erhöhte Metabolisierung der Steroide stattfindet. Die Steroide unterliegen daher der Regulierung der Leberdurchblutung (Wiltbank et al., 2006).

### 4.3 Trächtigkeitsultraschalluntersuchung

Der Echtzeit Ultraschall (B-Mode) ist eine einfache und zuverlässige Methode zur Diagnostizierung einer Trächtigkeit ab dem 26. Trächtigkeitstag (Romano et al., 2006), abhängig von der Eindringtiefe und der Frequenzeinstellung (Kähn et al., 1986). Die diagnostische Genauigkeit liegt hierbei bei nahezu 100 %, da es möglich ist, den Embryo, die Amnionflüssigkeit sowie dessen Herzschlag als eindeutigen Trächtigkeitsbeweis darzustellen (Kastelic et al., 1988; Lüttgenau et al., 2016a). Zudem kann die Ultraschalldiagnostik zur Erkennung von Zwillingsträchtigkeit, Geschlechtsbestimmung der Föten und zur Identifikation von Ovar- oder Uteruserkrankungen genutzt werden.

### 4.4 Embryonale Mortalität

Unter embryonaler Mortalität gehören der frühe sowie der späte embryonale Fruchttod vor dem Eintritt in die fetale Phase an. Der embryonale Fruchttod bis zum 42. Trächtigkeitstag, also zum Abschluss der Differenzierungsphase (Santos et al., 2004), ist eine der Hauptursachen für Fruchtbarkeitsstörungen und hat verschiedenste Ursachen (Wiltbank, 1998; Gehrke et al., 2011; Schönwälder, 2013). In Hochleistungsherden (Diskin et al., 2008) und Kühe ab der dritten Laktation kann dieser vermehrt festgestellt werden (Gehrke et al., 2011). Lonergan (2011) stellte in seinem Review einen Verlust von 40 % zwischen dem achten und 16. Trächtigkeitstag fest. Je nach Zeitpunkt einer Resorption der Frucht kann dies den Zyklus der Kuh durch zyklisches (früher Verlust) oder azyklisches (später Verlust) Umrindern beeinflussen (Gehrke et al., 2011). Aufgrund des Auftretens von embryonalem Fruchttod empfiehlt es sich, bei frühen Trächtigkeitsuntersuchungen jeglicher Art eine Nachuntersuchung ab dem 42. Trächtigkeitstag vorzunehmen (Vasconcelos et al., 2001). P4 ist eine der Hauptgründe für embryonale Verluste, da tiefe P4-Konzentrationen zur Folge haben, dass sich der Embryo schlecht Einnisten oder ungenügend entwickeln kann (Mann et al., 1999; Forde et al., 2011). Tiefe P4-Konzentrationen haben aber auch Auswirkungen auf die Oozytenqualität (Lonergan, 2011), in dem der präovulatorische Follikel über eine längere Zeit bestehen bleibt. Als Ursache hierfür kann eine P4-

Konzentration angesehen werden, die bereits vor der Brunst zu tief ist und somit die LH-Ausschüttung nicht in genügend langer Zeit bis vor die Ovulation gehemmt wird (Lüttgenau et al., 2016b), was eine schlechte Oozytenqualität zur Folge hat (Revah et al., 1996). Zu der entscheidenden Rolle von P4 muss schlussendlich das ganze Zusammenwirken von Endometrium, Embryo und P4 als Ganzes optimal funktionieren, damit die frühe Trächtigkeit erhalten bleiben kann (Robinson et al., 2008).

## 5. Material und Methoden

### 5.1 Tiere

Für die Datengewinnung der vorliegenden Studie wurden vom November 2018 bis Dezember 2019 176 laktierende Milchkühe untersucht und in die Studie eingeschlossen. Die Kühe wurden zur künstlichen Besamung (KB) in ihrem Herkunftsbetrieb der Tierarztpraxis Spiegelberg AG in Halten, Schweiz, angemeldet. Sie wurden in ihren Herkunftsbetrieben entweder in einer Anbindehaltung ( $n = 63$ ) oder in einem Freilaufstall ( $n = 113$ ) gehalten. Die untersuchten Kühe gehörten den Rassen Holstein Friesian ( $n = 84$ ), Red Holstein ( $n = 69$ ), Brown Swiss ( $n = 11$ ), Schweizer Fleckvieh ( $n = 11$ ) und Jersey ( $n = 1$ ) an, wobei alle Kühe aus gemischten Herden stammten. Das Alter der Kühe betrug durchschnittlich  $4.9 \pm 1.9$  Jahre (Mittelwert  $\pm$  Standardfehler). Die jüngste Kuh war 2.0 Jahre und die älteste 12.6 Jahre alt. Bis zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Studie hatten die Kühe vor durchschnittlich  $128.4 \pm 4.9$  Tagen gekalbt, wobei die letzte Abkalbung mindestens 40 und maximal 413 Tage zurücklag. Die Untersuchung wurde vom kantonalen Veterinärdienst des Kantons Solothurn unter der Bewilligungsnummer SO 18/03\_2 genehmigt und jeder Tierhalter unterzeichnete eine Einverständniserklärung zur Teilnahme (s. Anhang 9.3).

### 5.2 Betriebe

Die 21 Betriebe lagen alle, mit einer Ausnahme (Gemeinde Bellach SO), im Bezirk Wasseramt des Kanton Solothurns auf ungefähr 450 bis 500 Meter über Meeresspiegel. Die Region befindet sich im Mittelland der Schweiz, welche durch Graswirtschaft und Ackerbau geprägt ist. Die durchschnittliche Betriebsgrösse lag bei  $36 \pm 5.9$  Kühen, wobei der kleinste Betrieb 13 Kühe und der grösste 141 Kühe zählte. Die Fütterung der Kühe geschah in den Betrieben entweder manuell ( $n = 7$ ), per Teilmischration ( $n = 11$ ) oder per Totalmischration ( $n = 3$ ). Die Sommerfütterung bestand in 16 Betrieben aus den Hauptkomponenten Maissilage, Grassilage, Heu sowie Gras und die übrigen fünf Betriebe verwendeten entweder keine Grassilage oder kein Heu. Bis auf zwei Betriebe fütterten alle Betriebe im Sommer Kraftfutter. Weidezugang gewährten im Sommer alle Betriebe, wobei in vier Betrieben die Kühe weniger als sechs Stunden pro Tag, 13 Betriebe zwischen sechs und zwölf Stunden und vier Betriebe mehr als zwölf Stunden Weidebegehung gewährten. Während der Winterfütterung gaben alle Betriebe Kraftfutter und 19 Betriebe gewährten den Kühen

keinen Zugang zur Weide. Die Kühe wurden ganzjährig *ad libitum* gefüttert und hatten stets freien Zugang zu Trinkwasser.

Die auf 305 Tage bezogene Jahresdurchschnittsmilchleistung pro Kuh lag im Mittel bei  $8724 \pm 250$  kg Milch, von welchen die niedrigste Leistung bei 6000 und die höchste bei 11800 kg Milch lag.

### 5.3 Brunstbeobachtung und Brunstindex

Die Brunstbeobachtung geschah auf allen Betrieben durch den Tierhalter. In zwei Betrieben wurde die Beobachtung noch mit einer elektronischen Aktivitätsmessung der Kühe ergänzt. Die Bestimmung des optimalen Besamungszeitpunktes für die künstliche Besamung geschah, wenn immer möglich, durch die Morgen-Nachmittag, Nachmittag-Morgen Regel (Trimberger et al., 1943).

Die Brunstsymptome wurden entsprechend der Tabelle 1 in Anlehnung an die Studie von Van Eerdenburg et al. (1996) gewichtet. Hierzu wurden die beobachteten Brunstsymptome retrospektiv gepunktet und anschliessend addiert. Die Brunstsymptome wurden dabei unterschiedlich stark gewichtet.

Tabelle 1: Brunstindex Punktzahl modifiziert nach van Eerdenburg et al. (1996).

| Brunstsymptome | Punkte |
|----------------|--------|
| Brunstschleim  | 3      |
| Milchrückgang  | 3      |
| Unruhe         | 5      |
| Aufspringen    | 35     |
| Stehen         | 100    |

### 5.4 Versuchsanordnung und Beschrieb

Alle Untersuchungen wurden durch den Autor und Frau Dr. Beatrice Lejeune durchgeführt.



Abbildung 1: Untersuchungszeitpunkte auf der Zeitachse. KB: Ultraschalluntersuchung, Blutprobeentnahme und künstliche Besamung, Tag 1: Ovulationskontrolle per Ultraschall, Tag 8-10: Ultraschalluntersuchung und Blutprobeentnahme, Tag 32-36: frühe Trächtigkeitsuntersuchung per Ultraschall, Tag 42: definitive Trächtigkeitsuntersuchung per Ultraschall.

#### 5.4.1 Zeitpunkt der KB

Die Datenerhebung für eine Kuh begann mit der Anmeldung durch den Tierhalter zur künstlichen Besamung (Abb. 1). Die Kuh wurde vor der Besamung gynäkologischen untersucht, wobei insbesondere der intravaginale Brunstschleim bezüglich Menge, Viskosität und Trübung und ultrasonografisch die Ovarien mit ihren Funktionskörpern beurteilt wurden. Zusätzlich wurde anhand eines Fragebogens Name, Ohrmarkennummer, Rasse, Geburtsdatum, Laktationsnummer, Jahresleistung der letzten Laktation, letztes Abkalbedatum, bekannte Erkrankungen, Anzahl vorherige Besamungen in der Laktation, gynäkologische Therapien vor der KB und erkennbare Brunstsymptome (Tab. 1) der Kuh beim Besitzer erfragt und auf einem kuhindividuellen Datenblatt erfasst (s. Anhang 9.1). Mittels Ultrasonografie (s. 5.7 Ultraschalluntersuchungen) wurden die Funktionskörper auf den Ovarien untersucht, der dominante Follikel wurde identifiziert und eine Filmsequenz von 256 Bildabfolgen wurde auf dem Ultraschallgerät abgespeichert (Abb. 2). Als dominanter Follikel galt jener Follikel, welcher einen mittleren Durchmesser von mindestens 10 mm aufwies (Sartori et al., 2001; Ginther et al., 2003) und zugleich auch der grösste Follikel war, ohne dass gleichzeitig ein Gelbkörper von einer Grösse über 20 mm erkennbar war. Sprachen die Untersuchungsergebnisse für die Besamungsfähigkeit der Kuh, welche durch das Vorhandensein eines dominanten Follikels und eine maximal geringgradigen Trübung des Brunstschleims definiert wurde, wurde diese intrauterin in das *Corpus uteri* besamt und anschliessend wurde aus der *Vena coccygea* eine Plasmablutprobe zur Progesteronbestimmung gewonnen.

#### 5.4.2 Zeitpunkt der Ovulationskontrolle

Vierundzwanzig Stunden nach der Besamung erfolgte mittels Ultrasonografie die Ovulationskontrolle des Follikels. Konnte dieser immer noch dargestellt werden, wurde er erneut gefilmt, abgespeichert und die Kuh wurde erneut besamt. Zudem wurde eine erneute Plasmablutprobe aus der *Vena coccygea* gewonnen. Danach wurde eine erneute Ovulationskontrolle nach 24 Stunden durchgeführt. Ovulierte der Follikel bis zu diesem Zeitpunkt nicht, wurden keine weitere Untersuchung und Besamung getätigt und die Kuh schied aus der Studie aus.

#### 5.4.3 Zeitpunkt der Gelbkörperkontrolle am Tag 8 bis 10

Acht bis zehn Tage nach der Besamung wurde mittels Ultrasonografie der Gelbkörper dargestellt und gefilmt (Abb. 3) und aus der *Vena coccygea* wurde eine Plasmablutprobe zur Progesteronbestimmung gewonnen.

#### 5.4.4 Zeitpunkt der frühen Trächtigkeitsuntersuchung (T 1)

Die frühe, transrektale sonografische Trächtigkeitsuntersuchung geschah zwischen den Tagen 32 und 36 nach der Besamung, falls die Kuh bis dahin nicht umgerindert hatte. Es wurde der Embryo aufgesucht und, als eindeutiges Anzeichen einer intakten Trächtigkeit, dessen Herzschlag dargestellt (Gaja et al., 2009). Der Gelbkörper wurde mittels Ultrasonografie dargestellt und abgespeichert (Abb. 4).

#### 5.4.5 Zeitpunkt der definitiven Trächtigkeitsuntersuchung (T 2)

Die definitive Trächtigkeitsuntersuchung geschah ab dem 42. Trächtigkeitstag, wobei die späteste am 57. Trächtigkeitstag stattfand. Hierbei wurden wiederum im sonografischen Bild die Frucht inklusive des Herzschlags und der Gelbkörper dargestellt (Abb. 5). Diese Untersuchung stellte den Abschluss der Datenerhebung einer Kuh dar.

### 5.5 Gynäkologische Untersuchung und Brunstschleimindex

Wie oben beschrieben, wurde eine gynäkologische Untersuchung vorgenommen, bei welcher der manuell gewonnene vaginale Brunstschleim nach der Menge, der Viskosität und der Trübung makroskopisch beurteilt wurde. Anhand dessen wurde ein Brunstschleimindex durch Addition der einzelnen Werte der drei Kategorien erstellt. Der physiologische Schleim wurde in dieser Arbeit wie folgt definiert: er ist mit einer hochgradigen Menge vorhanden, hat eine fadenziehende Viskosität und hat keine Trübung. Die Beurteilung der Schleimmenge und -trübung erfolgte nach einer graduellen Einteilung in drei Grade. Das Maximum und somit bestmöglich zu erreichendem Ergebnis jeder Kategorie waren drei Punkte, so dass der physiologische Schleim neun Punkte erzielte. War die Viskosität zäh oder wässrig resultierte dies in einem Punkt. Konnte eine geringgradige Trübung festgestellt werden, wurde dies mit einem Punktverlust festgehalten.

## 5.6 Blutproben und Hormonbestimmung

Die Blutprobenentnahmen aus der *Vena coccygea* erfolgten nach vorangegangener trockener Reinigung mit einem Papiertuch durch eine 18G x 40 mm grosse Kanüle (BD Schweiz, Eysins) und einer 10 ml Spritze (B. Braun Medical AG, Sempach). Es wurden 8 ml Blut gewonnen und in ein heparinisiertes Blutröhrchen (16 IE Heparin/ml Blut, Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland) gefüllt. Die Proben wurden bei 2000 Umdrehungen pro Minute für 10 Minuten zentrifugiert und das gewonnene Plasma wurde abpipettiert und bei -20 °C bis zur Analyse im Labor tiefgefroren.

Die Bestimmung der Plasmaprogesteronkonzentrationen fand am Institut für Veterinär-Physiologie, Vetsuisse-Fakultät Universität Bern statt. Die Progesteronkonzentration wurde mittels Radioimmunoassays (RIA Progesterone IM1188, Beckman Coulter, São Paulo, Brasilien) bestimmt. Die analytische Sensitivität des Messverfahrens lag bei 0.03 ng/ml. Die Präzision, dargestellt anhand der Intra- und Inter-Assay Variationskoeffizienten, lag bei 8.15 % und 8.66 %.

Für den Vergleich der Tiere mit positiven bzw. negativen Trächtigkeitsergebnis wurden die Grenzwerte der Progesteronkonzentrationen zum Zeitpunkt bei der KB kleiner als 0.5 ng/ml oder gleich und grösser als 0.5 ng/ml definiert, wie dies Niyas et al. (2019) beschrieben haben.

## 5.7 Ultraschalluntersuchungen

Für die transrektalen ultrasonografischen Untersuchungen dienten zwei portable Ultraschallgeräte der Herstellerfirma Draminski (iScan Ultrasound Scanners, Olsztyn, Polen). Die Untersuchungen fanden im B-Mode statt und die Geräte waren mit einem 4 - 9 MHz Linearschallkopf ausgestattet. Bei den Untersuchungen wurden die Frequenz auf 7.5 MHz, der Fokus auf 35 mm und die Penetrationstiefe auf 70 mm eingestellt. Die Ovarien mit den entsprechenden Funktionskörpern wurden systematisch untersucht und in kleinen Filmsequenzen von 256 Bildabfolgen auf den Ultraschallgeräten gespeichert, anschliessend ausgemessen und auf einem Computer abgespeichert (Abb. 2-5). Bei den Trächtigkeitsuntersuchungen wurde zum einen im ganzen Uterus nach Fruchtwasser mit vorhandenem Embryo und darstellbarem Herzschlag geachtet und zum anderen wurde der Trächtigkeitsgelbkörper aufgesucht.



## 5.8 Vermessung und Berechnung der Funktionskörper

Die interessierenden Funktionsgebilde dieser Studie waren die dominanten Follikel und die Gelbkörper. Zur Bestimmung dieser Grössen wurden die abgespeicherten Filmsequenzen auf dem Ultraschallgerät in den jeweils grössten Durchmessern eingefroren. Zur Vermessung der Gebilde wurden der maximale Längsdurchmesser sowie der senkrecht dazu liegende Querdurchmesser bestimmt (Abb. 2-5). War ein Hohlraum im Gelbkörper vorhanden, wurde dieser analog ausgemessen (Abb. 3). Nach dem Einfügen der Vermessungsstrecken wurde dieses Bild mit den Messwerten abgespeichert und auf einen Computer übertragen und gesichert. Die Fläche der Gelbkörper ohne Hohlraum wurde entsprechend der Formel zur Ellipsenberechnung ( $0.5 \times d1 \times 0.5 \times d2 \times \pi$ , wobei  $d1$ = Längsdurchmesser,  $d2$ = Querdurchmesser,  $\pi$ = Kreiszahl) ermittelt. Bei Gelbkörpern mit Hohlraum wurde mit derselben Formel die Fläche des Hohlraums berechnet und anschliessend von der Gesamtfläche des Gelbkörpers subtrahiert, wie von Kähn (1989) und Kastelic et al. (1990) beschrieben. Für die statistischen Berechnungen wurden immer die Gelbkörperflächen nach Subtraktion der allfälligen Hohlraumflächen verwendet. Gelbkörper mit Hohlraum wurden für gewisse Berechnungen anhand dem mittleren Hohlraumdurchmesser in die Kategorie «normal», Hohlraumdurchmesser kleiner und gleich 10 mm und in die Kategorie «zystisch» mit einem Hohlraumdurchmesser grösser als 10 mm eingeteilt, wie dies von Balogh et al. (2014) beschrieben wurde. Bei Kühen, welche zwei Follikel resp. zwei Gelbkörper aufwiesen, wurden die jeweiligen Mittelwerte der beiden Funktionskörper zu einem Durchschnittswert zusammengerechnet und so für die Berechnungen berücksichtigt.

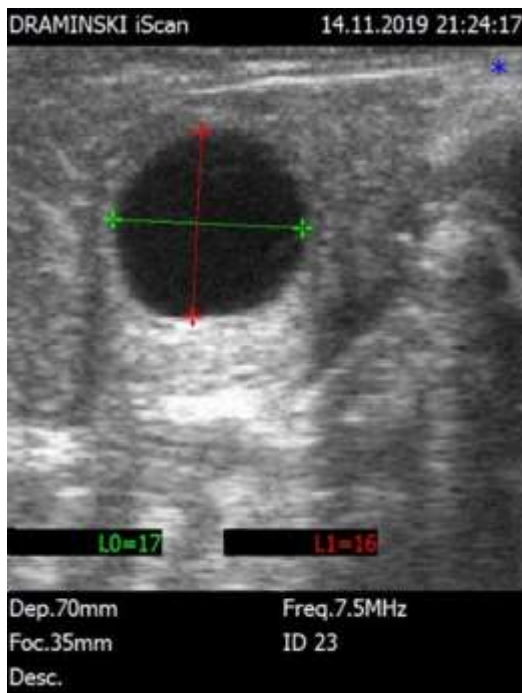


Abbildung 2: Ovulationsfähiger Follikel bei der KB der Kuh A. Längsdurchmesser grün (17 mm), Querdurchmesser rot (16 mm).

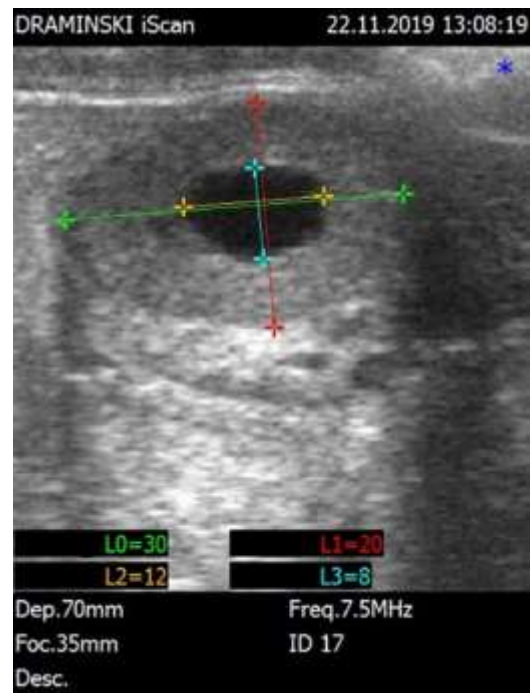


Abbildung 3: Gelbkörper mit Hohlraum am Tag 8-10 von der Kuh A. Längsdurchmesser grün (30 mm) und Querdurchmesser rot (20 mm) vom Gelbkörper. Längsdurchmesser gelb (12 mm) und Querdurchmesser blau (8 mm) vom Hohlraum.

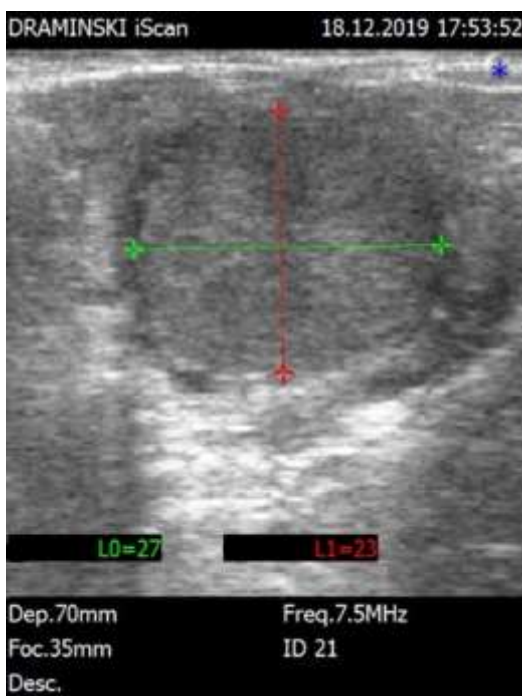


Abbildung 4: Trächtigkeitsgelbkörper am Tag 32-36 von der Kuh A. Längsdurchmesser grün (27 mm) und Querdurchmesser rot (23 mm) vom Gelbkörper.

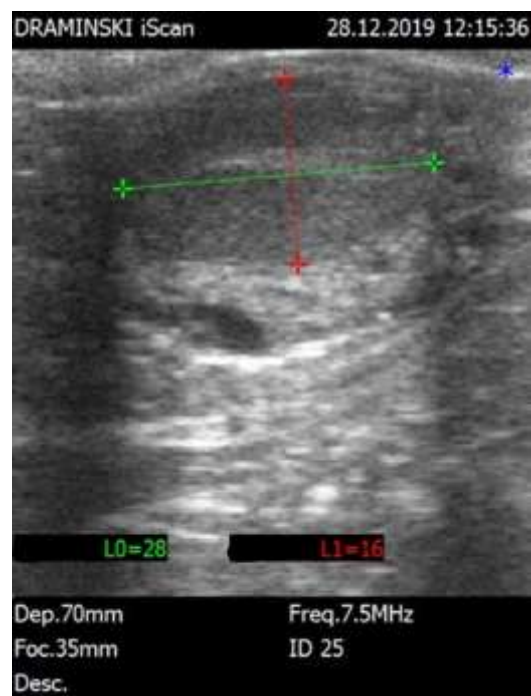


Abbildung 5: Trächtigkeitsgelbkörper ab Tag 42 von der Kuh A. Längsdurchmesser grün (28 mm) und Querdurchmesser rot (16 mm) vom Gelbkörper.

## 5.9 Jahreszeit

Die Jahreszeit wurde in die Kategorien «kalt» und «warm» unterteilt, wobei die Kategorie «warm» die Monate Juni, Juli und August einschlossen, in welcher 29 Kühe besamt wurden und die Kategorie «kalt» beinhaltete die restlichen Monate des Jahres, in der 147 Kühe besamt wurden. Um eine genauere und ausgeglichene Verteilung zu erhalten, wurde auch noch eine Einteilung entsprechend der Jahreszeiten Frühling mit 33 Besamungen (März, April, Mai), Sommer mit 29 Besamungen (Juni, Juli, August), Herbst mit 74 Besamungen (September, Oktober, November) und Winter mit 40 Besamungen (Dezember, Januar, Februar) vorgenommen. Bei der Zuordnung zur entsprechenden Jahreszeit galt das Besamungsdatum.

## 5.10 Ausschluss von Tieren

Bei fünf Kühen konnten acht bis zehn Tage nach der Ovulation des Follikels kein Gelbkörper nachgewiesen werden und bei 19 Kühen wurde nach der Besamung der Eisprung durch eine intravenöse Applikation des Hormons 1500 I.E. Choriongonadotropin (Chorulon 1500, MSD Animal Health GmbH, Luzern) induziert. Zudem blieb bei einer Kuh der dominante Follikel auch nach der zweiten Besamung bestehen. Diese total 25 Kühe von anfänglich 201 wurden aus der Studie ausgeschlossen, so dass in die Auswertung insgesamt 176 Tiere eingeschlossen wurden. Kühe, die als nicht-trächtig diagnostiziert wurden oder in der darauffolgenden Laktation wieder zur Besamung vorgestellt wurden, wurden nicht ein zweites Mal in die Studie miteinbezogen.

## 5.11 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden zur Übersicht, Auswertung und zur deskriptiven Statistik in Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) übertragen. Für die deskriptive Statistik wurden kategoriale Variablen in prozentualen Werten angegeben. Alle weiteren statistischen Berechnungen erfolgten mit dem Excel-Add-In STATEL (ad Science, Paris, Frankreich). Für kontinuierliche Daten wurden Median und Mittelwert sowie Interquartilsabstand oder Standardfehler ( $\bar{X} \pm SE$ ) der Stichprobe berechnet. Anschliessend wurden die Werte auf ihre Normalverteilung hin überprüft. Normalverteilte Werte wurden mittels gepaarten resp. ungepaarten t-Test verglichen, auf eine lineare Korrelation nach Spearman mit dem Rangkorrelationskoeffizient  $r$  und Unterschiede zwischen den Gruppen oder über die Zeit innerhalb einer Gruppe mit der

Varianzanalyse (ANOVA) geprüft. Waren die Voraussetzungen für eine Varianzanalyse nicht erfüllt, wurde der Friedman-Test verwendet. Werte, die nicht normal verteilt waren, wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test und dem Mann-Whitney-Test analysiert. Häufigkeitsverteilungen kategorischer Parameter innerhalb zweier Gruppen wurden mit dem Chi-Quadrat Test auf signifikante Unterschiede geprüft. Die Grafiken wurden als Punktdiagramme oder als Kastengrafik der Mittelwerte und Standardfehler oder des Medians dargestellt. Den statistischen Auswertungen wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ( $P < 0.05$ ) zugrunde gelegt. Tiere, bei denen die Progesteronwerte zum Zeitpunkt der KB über 2 ng/ml lagen, wurden nicht berücksichtigt ( $n = 2$ , 15.9 ng/ml und 12.6 ng/ml). Um den Effekt der Follikelgrösse zum Zeitpunkt der Besamung auf verschiedene Parameter *post-inseminationem* zu überprüfen, wurden verschiedene Grenzwerte der Follikelgrösse definiert: Die Grenzwerte zu den Follikelberechnungen wurden entsprechend der ROC-Kurve berechneten Sensitivitäten und Spezifitäten sowie den Perzentilen gewählt. Der Grenzwert 153 mm<sup>2</sup> hatte die höchste Sensitivität und Spezifität in Bezug auf ein positives Trächtigkeitsergebnis (Summe aus beiden Werten), der Grenzwert 132 mm<sup>2</sup> hatte die höchste Spezifität bei ausreichender Sensitivität und der Grenzwert 314 mm<sup>2</sup> hatte die höchste Sensitivität bei ausreichender Spezifität. Der Grenzwert 188 mm<sup>2</sup> entsprach dem 25 % Perzentil und der Grenzwert 268 mm<sup>2</sup> entsprach dem 75 % Perzentil. Der Grenzwert 288 mm<sup>2</sup> entsprach dem Mittelwert der Follikelflächen, welche später zu einem Gelkörper mit Hohlraum wurden.

## 6. Ergebnisse

### 6.1 Übersicht klinische Daten

#### 6.1.1 Zeitpunkt der künstlichen Besamung

##### 6.1.1.1 Erkrankungen, Anzahl Besamungen, Jahreszeit, Therapien vor der Besamung

Von den 176 Milchkühen, welche für die Auswertungen berücksichtigt wurden, zeigten zwei Kühe laut den Tierhaltern eine bekannte geringgradige Stützbeinlahmheit. Die restlichen Kühe wiesen keine bekannten Erkrankungen auf. Hundertzehn Kühe (63 %) wurden das erste Mal besamt, 41 Kühe (23 %) das zweite Mal, 16 Kühe (9 %) das dritte Mal und neun Kühe (5 %) wurden zuvor schon mehr als drei Mal besamt. Nach einer spontanen Brunst konnten 142 Kühe (81 %) besamt werden, 13 Kühe (7 %) nach einem progesteronabgebenden Intravaginalspangen Programm (EAZI-BREED CIDR 1380, Zoetis Schweiz GmbH, Delémont) und 21 Kühe (12 %) nach dem Einsatz vom luteolytischen Hormon PGF 2 $\alpha$ .

##### 6.1.1.2 Brunstsymptome

Die Tierbesitzer konnten bei 17 Kühen (10 %) keine äusserlichen Brunstsymptome feststellen. Einhundertneunundfünfzig Kühe zeigten ein oder mehrere der folgenden äusserlichen Brunstsymptome: Einhundertdreissig (76 %) zeigten eine vermehrte Unruhe, fünf (3 %) hatten einen feststellbaren temporären Milchrückgang, 70 (40 %) wollten aufspringen, 58 (33 %) blieben stehen beim Aufspringen einer anderen Kuh und 37 (21 %) hatten erkennbaren vaginalen Schleim.

##### 6.1.1.3 Gynäkologische Untersuchung vor der künstlichen Besamung

###### 6.1.1.3.1 Vaginaler Schleim

Bei 171 Kühen (97 %) konnte vaginaler Brunstschleim festgestellt werden. Dieser wurde anhand der Menge, der Viskosität und der Trübung beurteilt. Achtunddreissig Kühe (22 %) hatten wenig, 52 (30 %) mässig und 81 (47 %) hatten viel Brunstschleim. Bei sechs Kühen (3 %) war die Schleimviskosität wässrig, bei 155 (91 %) fadenziehend und bei zehn (6 %) zäh. Bei 166 Kühen (96 %) war der Brunstschleim klar und bei sieben (4 %) konnte eine geringgradige Trübung festgestellt werden.

#### 6.1.1.3.2 Brunstfollikel

Von den 176 Kühen ovulierten insgesamt 192 dominante Follikel, wobei 160 Kühe (91 %) ein Follikel und 16 (9 %) zwei Follikel besaßen. Von den Kühen, welche zwei Follikel hatten, waren bei 11 Kühen je eines auf dem linken und rechten Ovar, drei Kühe hatten zwei Follikel auf dem rechten Ovar und zwei Kühe hatten zwei Follikel auf dem linken Ovar. Insgesamt befanden sich 72 Follikel (37 %) auf dem linken Ovar und 120 (63 %) auf dem rechten Ovar. Der Mittelwert des mittleren Durchmessers der Follikel betrug  $16.91 \pm 0.26$  mm und die mittlere Fläche aller Follikel betrug  $229.40 \pm 4.92$  mm<sup>2</sup>.

#### 6.1.1.4 Progesteron

Die mittlere Blutprogesteronkonzentration bei den Kühen, deren Follikel innerhalb von 24 Stunden nach der ersten Besamung ovulierten, lag bei  $0.67 \pm 0.02$  ng/ml.

#### 6.1.2 Ovulationskontrolle

Insgesamt ovulierten nach der ersten Besamung 11 Follikel (6 %) nicht. Diese wurden am nächsten Tag nochmals ausgemessen. Der mittlere Durchmesser dieser betrug  $17.05 \pm 1.15$  mm und die mittlere Fläche war  $233.64 \pm 22.23$  mm<sup>2</sup>. Alle 11 Kühe wurden nochmals besamt. Die Blutprogesteronkonzentration lag bei diesen Kühen im Mittel bei  $0.85 \pm 0.13$  ng/ml.

#### 6.1.3 Gelbkörperkontrolle 8 bis 10 Tage nach der Besamung

Total 187 Gelbkörper bildeten sich 8 bis 10 Tage nach der Besamung, von welchen 70 Gelbkörper (37 %) auf dem linken Ovar und 117 (63 %) auf dem rechten Ovar lagen. Der Mittelwert der Fläche dieser Gelbkörper betrug  $485.74 \pm 10.54$  mm<sup>2</sup>. Ein Hohlraum grösser oder gleich 2 x 2 mm wurde bei 114 Gelbkörpern (61 %) festgestellt und 71 Gelbkörper (38 %) konnten als kompakt dargestellt werden. Der mittlere Durchmesser der Gelbkörper lag bei  $26.83 \pm 0.42$  mm und jener der Hohlräume betrug  $11.13 \pm 0.66$  mm. Der Mittelwert der Hohlraumflächen lag bei  $129.82 \pm 13.62$  mm<sup>2</sup> und jener der Progesteronkonzentrationen im Blut lag bei  $8.16 \pm 0.25$  ng/ml.

#### 6.1.4 Trächtigkeitsuntersuchung 32 bis 36 Tage nach der Besamung (T 1)

Bei 93 Kühen (53%) wurde eine Trächtigkeit festgestellt. Bei diesen konnten 99 Gelbkörper im Rahmen der frühen Trächtigkeitsuntersuchung gesehen werden, das heisst, bei sechs Kühen (6 %) konnten zwei Gelbkörper gesehen werden. Zu diesem

Zeitpunkt waren 62 Gelbkörper (63 %) auf dem rechten Ovar und 37 Gelbkörper (37 %) auf dem linken Ovar lokalisiert. Vierzehn Gelbkörper (15 %) wiesen einen Hohlraum auf. Der Mittelwert des mittleren Durchmessers der Gelbkörper lag bei  $25.01 \pm 0.45$  mm und jener des mittleren Durchmessers der Hohlräume betrug  $9.29 \pm 2.10$  mm. Der Mittelwert der Gelbkörperflächen lag bei  $470.49 \pm 10.13$  mm<sup>2</sup> und jener der Hohlraumflächen lag bei  $113.88 \pm 49.58$  mm<sup>2</sup>.

#### 6.1.5 Trächtigkeitsuntersuchung ab 42 Tagen nach der Besamung (T 2)

Bei der definitiven Trächtigkeitsuntersuchung ab 42 Tagen nach der Besamung konnten bei 90 Kühen (51 %) eine positive Trächtigkeit nachgewiesen werden. Drei Kühe (3 %) verloren zwischen den beiden Trächtigkeitsuntersuchungen die Frucht. Die trächtigen Kühe hatten insgesamt 96 Gelbkörper, wobei 84 Kühe (93 %) einen Gelbkörper und sechs Kühe (7 %) zwei Gelbkörper besaßen. Von diesen 96 Gelbkörpern lagen 61 (64 %) auf dem rechten Ovar und 35 (36 %) auf dem linken. Sieben Gelbkörper (7 %) wiesen einen Hohlraum auf. Der Mittelwert des mittleren Durchmessers der Gelbkörper lag bei  $25.39 \pm 0.53$  mm und jener des mittleren Durchmessers der Hohlräume betrug  $10.43 \pm 2.52$  mm. Der Mittelwert der Gelbkörperflächen betrug  $498.75 \pm 11.91$  mm<sup>2</sup> und jener der Hohlraumflächen lag bei  $117.81 \pm 49.12$  mm<sup>2</sup>.

## 6.2 Berechnungen über die Follikelflächen

### 6.2.1 Follikelflächen und Gelbkörper

#### 6.2.1.1 Korrelation Follikelflächen und Gelbkörperflächen

An den Untersuchungszeitpunkten 8 bis 10 Tage *post inseminationem*, T 1 und T 2 zeigten die Gelbkörperflächen zu den Follikelflächen schwache bis mässige Korrelationen (Tab. 2). Die engste Korrelation zur Follikelfläche konnte 32 bis 36 Tage *post inseminationem* festgestellt werden ( $r = 0.361$ ,  $P < 0.001$ ).

Tabelle 2: Übersicht über die Korrelationen zwischen Follikelflächen und Gelbkörperflächen.

| Zeitpunkt | Anzahl<br>[n] | Follikel<br>[mm <sup>2</sup> ] | Gelbkörper<br>[mm <sup>2</sup> ] | Korrelation<br>[r] | Signifikanz<br>[P] |
|-----------|---------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| Tag 8-10  | 163           | $229.3 \pm 5.1$                | $498.3 \pm 10.6$                 | 0.168              | < 0.05             |
| Tag 32-36 | 92            | $230.8 \pm 6.8$                | $479.4 \pm 10.2$                 | 0.361              | < 0.001            |
| Tag 42    | 90            | $230.5 \pm 6.9$                | $500.2 \pm 12.1$                 | 0.208              | < 0.05             |

### 6.2.1.2 Gelbkörperflächen in Abhängigkeit vom Follikelgrenzwert 288 mm<sup>2</sup>

An den Untersuchungszeitpunkten Tag 8 bis 10, T 1 und T 2 konnte jeweils ein signifikanter Unterschied der Gelbkörperflächen bezogen auf die vorangegangene Follikelgrösse berechnet werden. Der Grenzwert 288 mm<sup>2</sup> entsprach dem Mittelwert der Follikelflächen, welche zu einem Gelkörper mit Hohlraum wurden. Die stärkste Signifikanz konnte bei den Gelbkörpern zum Zeitpunkt T 1 berechnet werden (Tab. 3).

Tabelle 3: Vergleich von Follikeln mit dem Grenzwert 288 mm<sup>2</sup> zum Gelbkörper.

| Zeitpunkt | Follikel Gruppe | Anzahl [n] | Gelbkörper [mm <sup>2</sup> ] | Signifikanz [P] |
|-----------|-----------------|------------|-------------------------------|-----------------|
| Tag 8-10  | ≤ 288           | 103        | 469.3 ± 13.8                  | < 0.01          |
|           | > 288           | 70         | 531.2 ± 16.4                  |                 |
| Tag 32-36 | ≤ 288           | 57         | 447.2 ± 11.5                  | < 0.001         |
|           | > 288           | 35         | 531.7 ± 15.5                  |                 |
| Tag 42    | ≤ 288           | 56         | 478.5 ± 14.5                  | < 0.05          |
|           | > 288           | 34         | 535.9 ± 20.3                  |                 |

### 6.2.2 Follikelflächen und Hohlräume der Gelbkörper

Es konnte zu keinem Untersuchungszeitpunkt eine signifikante lineare Korrelation zwischen den Hohlräumen der Gelbkörper und den Follikelflächen zum Zeitpunkt der KB festgestellt werden (Tab. 4).

Tabelle 4: Übersicht über die Korrelationen zwischen den Follikelflächen und den Hohlräumen.

| Zeitpunkt | Anzahl [n] | Follikel [mm <sup>2</sup> ] | Hohlraum [mm <sup>2</sup> ] | Korrelation [r] | Signifikanz [P] |
|-----------|------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| Tag 8-10  | 108        | 228.6 ± 6.1                 | 127.4 ± 13.9                | 0.052           | n. s.           |
| Tag 32-36 | 14         | 224.2 ± 14.6                | 113.9 ± 51.5                | 0.308           | n. s.           |
| Tag 42    | 7          | 231.6 ± 21.6                | 117.8 ± 53.1                | 0.360           | n. s.           |

### 6.2.3 Follikelflächen und Trächtigkeit

Die Tabelle 5 bietet einen Überblick über die nachfolgend beschriebenen Resultate über die Vergleiche von den Follikelflächen zum Zeitpunkt der KB und dem Auftreten einer Trächtigkeit. Es traten dabei keine signifikanten Unterschiede auf.



Tabelle 5: Vergleich der Follikelflächen von Tieren, die trächtig wurden gegenüber denen, die nicht trächtig wurden.

| Zeitpunkt | Trächtig | Anzahl<br>[n] | Follikelflächen<br>[mm <sup>2</sup> ] | Signifikanz<br>[P] |
|-----------|----------|---------------|---------------------------------------|--------------------|
| Tag 32-36 | Ja       | 93            | 230.9 ± 6.7                           | n. s.              |
|           | Nein     | 81            | 227.6 ± 7.4                           |                    |
| Tag 42    | Ja       | 90            | 230.5 ± 6.9                           | n. s.              |
|           | Nein     | 84            | 228.2 ± 7.2                           |                    |

### 6.2.3.1 Vergleich der Trächtigkeitshäufigkeit in Abhängigkeit von Follikelflächen

#### 6.2.3.1.1 Follikelflächengrenzwert 288 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden entsprechend ihrer Grösse in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Follikel mit einer Fläche von 228.6 mm<sup>2</sup> oder kleiner beinhaltete und die andere Gruppe alle Follikel mit einer Fläche grösser als 228.6 mm<sup>2</sup>. Der Grenzwert 288 mm<sup>2</sup> entsprach dem Mittelwert der Follikelflächen, welche zu einem Gelbkörper mit Hohlraum wurden. Jener, welche zu kompakten Gelbkörpern wurden entsprach 231 mm<sup>2</sup>. Dadurch konnte der Effekt von Follikeln, welche eher in einem Gelbkörper mit Hohlraum resultierten, auf die Trächtigkeitshäufigkeit berechnet werden. Von den Follikeln kleiner oder gleich 288 mm<sup>2</sup> resultierten 67 (65 %) in einem positiven und 36 (35 %) in einem negativen Trächtigkeitsergebnis. Von den Follikeln grösser 288 mm<sup>2</sup> resultierten 41 (58 %) Follikel in einer Trächtigkeit und 30 (42 %) nicht. Die beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

#### 6.2.3.1.2 Follikelflächengrenzwert 188 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei eine Gruppe alle Follikel von 188 mm<sup>2</sup> oder kleiner beinhaltete und die andere Gruppe alle Follikel grösser 188 mm<sup>2</sup>. Der Grenzwert von 188 mm<sup>2</sup> entspricht dem 25 % Perzentil der Follikelflächenverteilung. In der Gruppe mit Follikeln kleiner oder gleich 188 mm<sup>2</sup> waren total 54 Tiere, von welchen später 30 (56 %) trächtig und 24 (44 %) nicht trächtig waren. In der Gruppe mit Follikeln grösser als 188 mm<sup>2</sup> waren 120 Kühe, von welchen später 63 (52 %) trächtig und 57 (48 %) nicht trächtig waren. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf ein positives oder negatives Trächtigkeitsergebnis festgestellt werden.

#### 6.2.3.1.3 Follikelflächengrenzwert 153 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen von 153 mm<sup>2</sup> oder kleiner und die andere Gruppe alle Flächen grösser als 153 mm<sup>2</sup> beinhaltete. Der Grenzwert von 153 mm<sup>2</sup> hat die höchste Sensitivität und Spezifität in Bezug auf ein positives Trächtigkeitsergebnis nach der Grenzwertoptimierung. In der Gruppe gleich 153 mm<sup>2</sup> oder kleiner waren total 22 Kühe, von welchen später acht (36 %) trächtig und 14 (64 %) nicht trächtig waren. In der Gruppe grösser als 153 mm<sup>2</sup> waren 152 Kühe von welchen später 85 (56 %) trächtig und 67 (44 %) nicht trächtig waren. Es konnte knapp kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf ein positives oder negatives Trächtigkeitsergebnis festgestellt werden ( $P = 0.086$ ).

Für die Follikelflächengrenzwerte wurde zusätzlich eine ROC Analyse durchgeführt, dabei konnte eine Sensitivität von 0.96 und eine Spezifität von 0.17 festgestellt werden bei einem Schwellenwert von 153 mm<sup>2</sup> und einer Observation von 19 (Abb. 6).

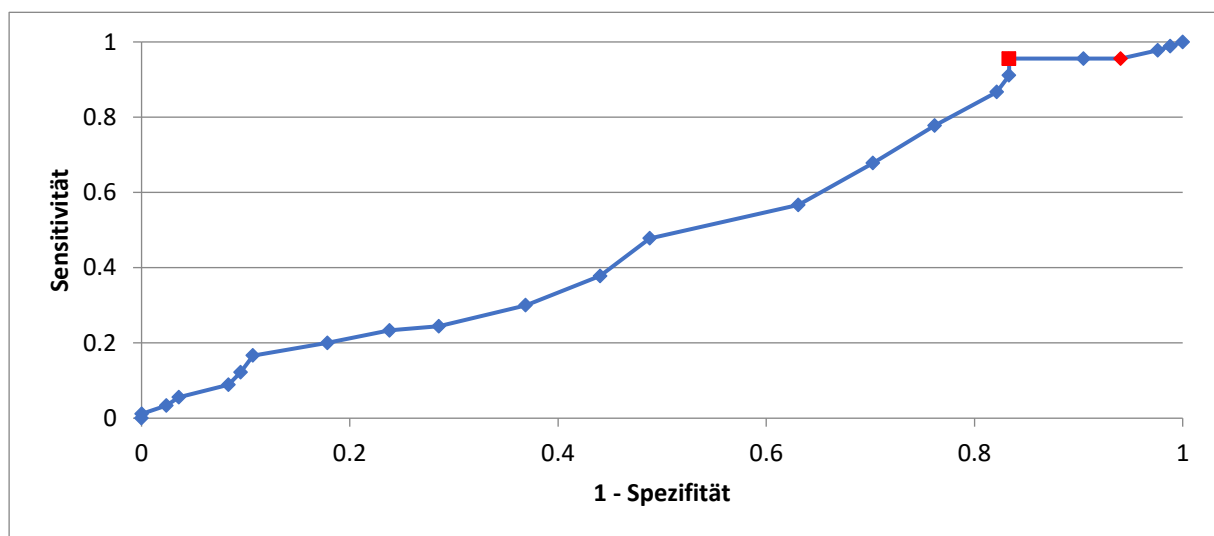


Abbildung 6: ROC-Analyse mit einer Sensitivität von 0.96 und einer Spezifität von 0.17.

#### 6.2.3.1.4 Follikelflächen zwischen 188 und 268 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen zwischen 188 und 268 mm<sup>2</sup> und die andere Gruppe alle Flächen ausserhalb dieses Bereichs beinhaltete. Die beiden Grenzwerte entsprechen dem 25 % sowie dem 75 % Perzentil der Follikelflächenverteilung. In der Gruppe mit Flächen zwischen 188 und 268 mm<sup>2</sup> waren total 74 Tiere, von welchen später 40 (54 %) trächtig und 34 (46 %) nicht trächtig waren. In der Gruppe mit Flächen ausserhalb des Bereiches waren 100 Kühe, von welchen später 53 (53 %) trächtig und 47 (47 %) nicht trächtig waren. Es

konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf ein positives oder negatives Trächtigkeitsergebnis festgestellt werden.

#### 6.2.3.1.5 Follikelflächen zwischen 153 und 314 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen zwischen 153 und 314 mm<sup>2</sup> und die andere Gruppe alle Flächen ausserhalb dieses Bereichs beinhaltete. Der Grenzwert 153 mm<sup>2</sup> hat die höchste Sensitivität und Spezifität in Bezug auf ein positives Trächtigkeitsergebnis und der Grenzwert 314 mm<sup>2</sup> hat die höchste Sensitivität bei ausreichender Spezifität. In der Gruppe mit Flächen zwischen 153 und 314 mm<sup>2</sup> waren total 133 Kühe, von welchen später 74 (56 %) trächtig und 59 (44 %) nicht trächtig waren. In der Gruppe mit Flächen ausserhalb des Bereiches waren 41 Tiere, von welchen später 19 (46 %) trächtig und 22 (54 %) nicht trächtig waren. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf ein positives oder negatives Trächtigkeitsergebnis festgestellt werden.

### 6.2.4 Follikelflächen und Brunst

#### 6.2.4.1 Vergleich der Follikelflächen bei der KB und dem Brunstschleim sowie dem Brunstindex

##### 6.2.4.1.1 Follikelflächengrenzwert 132 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen von 132 mm<sup>2</sup> oder kleiner beinhaltete und der anderen Gruppe gehörten alle Flächen grösser als 132 mm<sup>2</sup> an. Der Grenzwert 132 mm<sup>2</sup> entspricht der höchsten Spezifität bei ausreichender Sensitivität. In der Gruppe mit Flächen von 132 mm<sup>2</sup> oder kleiner waren total 22 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $8.1 \pm 0.3$  Punkten und einen Brunstindex von  $49.8 \pm 10.4$  Punkten aufwiesen. In der Gruppe mit Flächen grösser als 132 mm<sup>2</sup> waren 152 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.8 \pm 0.1$  Punkten und einen Brunstindex von  $52.2 \pm 4.2$  Punkten aufwiesen. Die jeweiligen Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant.

##### 6.2.4.1.2 Follikelflächengrenzwert 188 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen von 188 mm<sup>2</sup> oder kleiner beinhaltete und die andere Gruppe alle Flächen grösser als 188 mm<sup>2</sup>. Der Grenzwert 188 mm<sup>2</sup> entspricht dem 25 % Perzentil der Follikelverteilung. In der Gruppe mit Flächen von 188 mm<sup>2</sup> oder kleiner waren total 54 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.7 \pm 0.3$  Punkten aufwiesen. In der Gruppe

mit Flächen von grösser als 188 mm<sup>2</sup> waren 120 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.9 \pm 0.1$  Punkten aufwiesen. Die jeweiligen Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant.

#### 6.2.4.1.3 Follikelflächengrenzwert 153 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen von 153 mm<sup>2</sup> oder kleiner und die andere Gruppe alle Flächen grösser als 153 mm<sup>2</sup> beinhaltete. Der Grenzwert 153 mm<sup>2</sup> entspricht der höchsten Summe von Sensitivität und Spezifität in Bezug auf ein positives Trächtigkeitsergebnis (ROC-Analyse; receiver operator characteristics). In der Gruppe mit Flächen von 153 mm<sup>2</sup> oder kleiner waren neun Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.8 \pm 0.6$  Punkten und einen Brunstindex von  $50.4 \pm 17.7$  Punkten aufwiesen. In der anderen Gruppe waren 165 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.9 \pm 0.1$  Punkten und einen Brunstindex von  $52.0 \pm 4.0$  Punkten aufwiesen. Die jeweiligen Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant.

#### 6.2.4.1.4 Follikelflächengrenzwert 228 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen von 228 mm<sup>2</sup> oder kleiner und die andere Gruppe die Flächen grösser als 228 mm<sup>2</sup> beinhaltete. Der Grenzwert 288 mm<sup>2</sup> entsprach dem Mittelwert der Follikelflächen, welche zu einem Gelkörper mit Hohlraum wurden. In der Gruppe mit Flächen von 228 mm<sup>2</sup> oder kleiner waren total 103 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.8 \pm 0.2$  Punkten und einen Brunstindex von  $48.8 \pm 4.8$  Punkten aufwiesen. In der Gruppe mit Flächen von grösser als 228 mm<sup>2</sup> waren 71 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.9 \pm 0.2$  Punkten und einen Brunstindex von  $56.5 \pm 6.4$  Punkten aufwiesen. Die jeweiligen Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant.

#### 6.2.4.1.5 Follikelflächen zwischen 188 und 268 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen zwischen 188 und 268 mm<sup>2</sup> und die andere Gruppe alle Flächen ausserhalb dieses Bereichs beinhaltete. Die beiden Grenzwerte entsprechen dem 25 % sowie dem 75 % Perzentil der Follikelflächenverteilung. In der Gruppe mit Flächen zwischen 188 und 268 mm<sup>2</sup> waren total 74 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $8.0 \pm 0.1$  Punkten und einen Brunstindex von  $54.0 \pm 6.0$  Punkten aufwiesen. In der anderen Gruppe waren 100 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.8 \pm 0.2$

Punkten und einen Brunstindex von  $50.4 \pm 5.1$  Punkten aufwiesen. Die jeweiligen Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant.

#### 6.2.4.1.6 Follikelflächen zwischen 153 und 314 mm<sup>2</sup>

Die Follikelflächen wurden in zwei Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe alle Flächen zwischen 153 und 314 mm<sup>2</sup> und die andere Gruppe alle Flächen ausserhalb dieses Bereichs beinhaltete. Der Grenzwert 153 mm<sup>2</sup> entspricht der höchsten Sensitivität und Spezifität in Bezug auf ein positives Trächtigkeitsergebnis und der Grenzwert 314 mm<sup>2</sup> hatte die höchste Sensitivität bei ausreichender Spezifität. In der Gruppe mit Flächen zwischen 153 und 314 mm<sup>2</sup> waren total 133 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.8 \pm 0.1$  Punkten und einen Brunstindex von  $53.2 \pm 4.4$  Punkten aufwiesen. In der anderen Gruppe waren 41 Kühe, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $8.1 \pm 0.2$  Punkten und einen Brunstindex von  $47.7 \pm 8.0$  Punkten aufwiesen. Die jeweiligen Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant.

### 6.2.5 Follikelflächen und Progesteron

#### 6.2.5.1 Korrelation der Follikelflächen bei der KB und der Progesteronkonzentration bei der KB

Zum Zeitpunkt der KB betrug der Mittelwert der Follikelflächen  $229.7 \pm 5.0$  mm<sup>2</sup> und der Mittelwert der Progesteronkonzentrationen lag bei  $0.83 \pm 0.12$  ng/ml. Diese beiden Parameter korrelierten nicht miteinander.

#### 6.2.5.2 Korrelation der Follikelfläche bei der KB und der Progesteronkonzentration am Tag 8 bis 10

Zum Zeitpunkt der KB betrug der Mittelwert der Follikelflächen  $230.9 \pm 5.0$  mm<sup>2</sup> und der Mittelwert der Progesteronkonzentrationen lag bei der Messung am Tag 8 bis 10 nach der KB bei  $8.11 \pm 0.26$  ng/ml. Diese beiden Parameter korrelierten nicht miteinander.

### 6.2.6 Lokalisation der Follikelflächen und Brunstschleim

#### 6.2.6.1 Vergleich der Follikelflächen bei der KB und dem Brunstschleimindex sowie zur Lokalisation

Die Follikelflächen bei der KB (n = 171) wurden entsprechend ihrer Lokalisation, auf dem rechten oder linken Ovar, aufgeteilt. Insgesamt waren 110 Follikel (64 %) auf dem rechten Ovar und 61 Follikel (36 %) auf dem linken Ovar lokalisiert. Der Mittelwert der Follikelflächen auf dem rechten Ovar betrug  $230.7 \pm 6.0$  mm<sup>2</sup> und jener der

Folikelflächen auf dem linken Ovar  $228.4 \pm 8.9 \text{ mm}^2$ . Es konnte kein signifikanter Unterschied der Mittelwerte der Folikelflächen bezogen auf die Lokalisation der Follikel festgestellt werden. Wurde aber die tatsächliche Follikelverteilung mit der theoretischen Verteilung von je 50 % der Follikel auf dem rechten und linken Ovar verglichen, resultierte ein signifikanter Unterschied ( $P < 0.05$ ). Es konnte auch kein signifikanter Unterschied bezüglich der Lokalisation der Follikel und dem Brunstschleimindex festgestellt werden. So betrug der mittlere Brunstschleimindex bei einem dominanten Follikel auf dem linken Ovar ( $n = 63$ )  $7.7 \pm 0.2$  Punkte und jenen auf dem rechten Ovar ( $n = 110$ )  $7.9 \pm 0.1$  Punkte.

## 6.3 Berechnungen über die Gelbkörper

### 6.3.1 Gelbkörper untereinander

#### 6.3.1.1 Korrelation und Vergleich zwischen den Gelbkörper am Tag 8 bis 10 und denen am Tag 32 bis 36

Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen ( $n = 91$ ) betrugen am Tag 8 bis 10  $501.3 \pm 13.9 \text{ mm}^2$  und am Tag 32 bis 36  $479.8 \pm 10.3 \text{ mm}^2$ . Die Gelbkörperflächen zeigten eine gute Korrelation miteinander ( $r = 0.420$ ;  $P < 0.001$ ; Abb. 7). Wurden die Gelbkörper mit und ohne Hohlraum separat verglichen, wiesen 59 Gelbkörper am Tag 8 bis 10 einen Hohlraum auf und hatten am Tag 8 bis 10 eine mittlere Gelbkörperfläche von  $491.3 \pm 16.7 \text{ mm}^2$  und am Tag 32 bis 36  $487.7 \pm 13.4 \text{ mm}^2$ . Denen gegenüber hatten 32 Gelbkörper keinen Hohlraum am Tag 8 bis 10 und wiesen am Tag 8 bis 10 eine durchschnittliche Gelbkörperfläche von  $519.8 \pm 23.5 \text{ mm}^2$  und am Tag 32 bis 36  $465.2 \pm 13.4 \text{ mm}^2$  auf. Die Mittelwerte der Gelbkörper mit Hohlraum unterschieden sich nicht signifikant und jene der Gelbkörper ohne Hohlraum unterschieden sich signifikant voneinander ( $P < 0.05$ ).

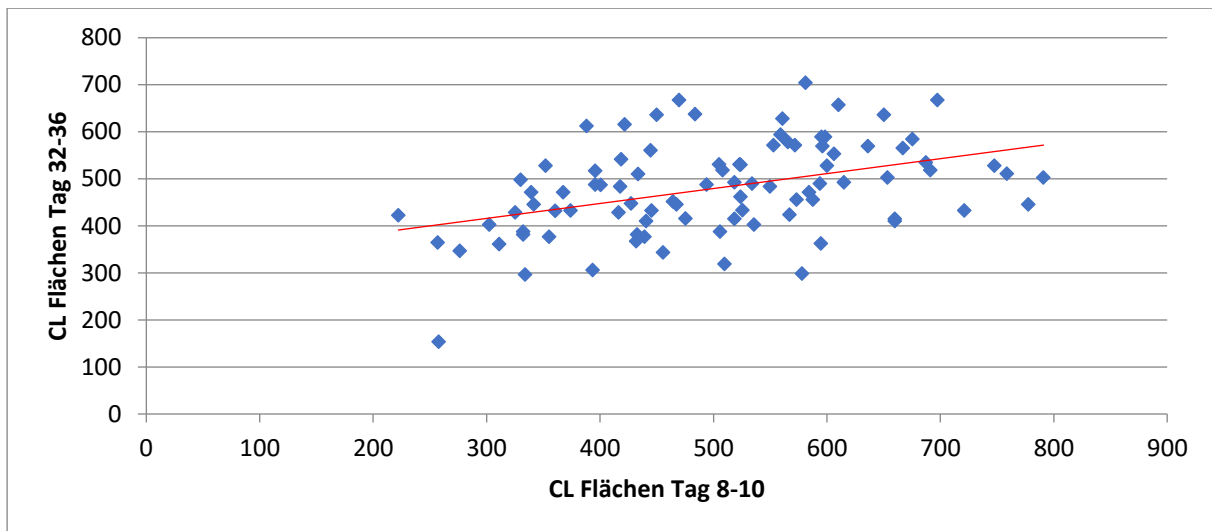


Abbildung 7: Korrelation zwischen den Gelbkörpern (CL in mm<sup>2</sup>) am Tag 8 bis 10 und am Tag 32 bis 36 (n = 91; r = 0.420; P < 0.001).

6.3.1.2 Korrelation zwischen den Gelbkörper am Tag 8 bis 10 und denen ab Tag 42  
 Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen (n = 89) betrugen am Tag 8 bis 10  $501.4 \pm 12.0$  mm<sup>2</sup> und ab Tag 42  $497.6 \pm 13.4$  mm<sup>2</sup>. Die Gelbkörperflächen zeigten eine gute Korrelation miteinander (r = 0.439; P < 0.001; Abb. 8).

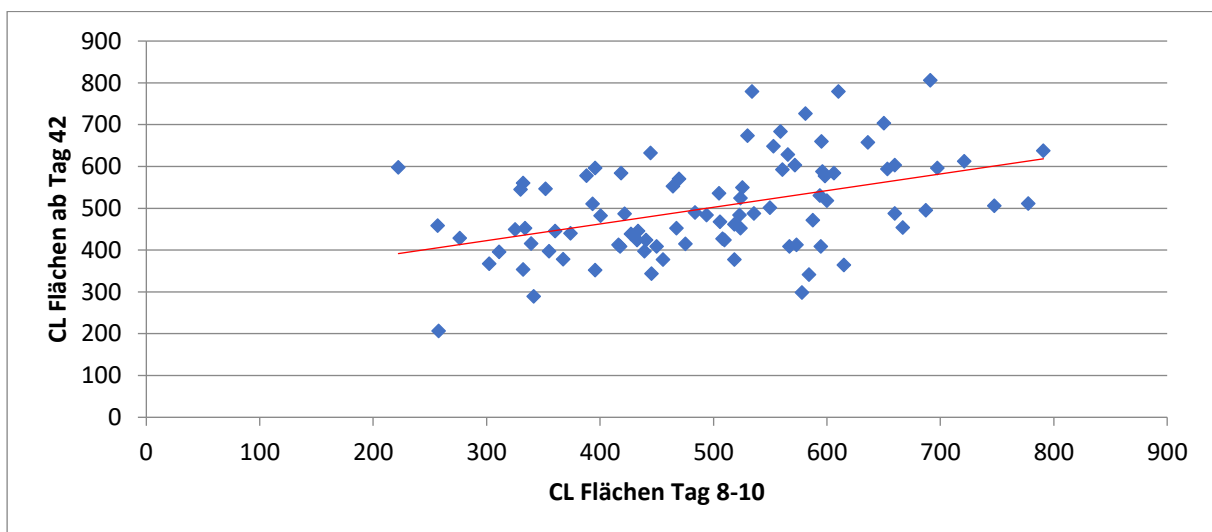


Abbildung 8: Korrelation zwischen den Gelbkörpern (CL in mm<sup>2</sup>) am Tag 8 bis 10 und ab Tag 42 (n = 89; r = 0.439; P < 0.001).

6.3.1.3 Korrelation zwischen den Gelbkörper am Tag 32 bis 36 und denen ab Tag 42

Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen (n = 88) betrugen am Tag 32 bis 36  $479.5 \pm 10.5$  mm<sup>2</sup> und ab dem Tag 42  $499.4 \pm 12.2$  mm<sup>2</sup>. Die Gelbkörperflächen zeigten eine gute Korrelation miteinander (r = 0.615; P < 0.001; Abb. 9).

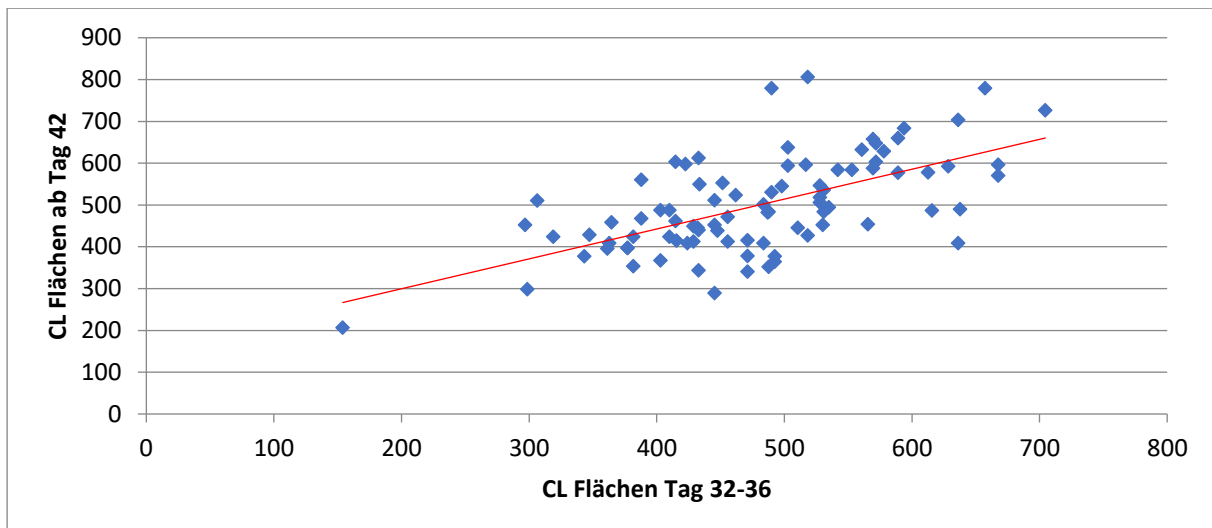


Abbildung 9: Korrelation zwischen den Gelbkörpern (CL in mm<sup>2</sup>) am Tag 32 bis 36 und ab dem Tag 42 (n = 88; r = 0.615; P < 0.001).

#### 6.3.1.4 Veränderung der Gelbkörperflächen über die Zeit

##### 6.3.1.4.1 Alle Gelbkörper

Es konnten 88 Gelbkörper über die drei Untersuchungszeitpunkte Tag 8 bis 10, Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 verfolgt werden. Der Mittelwert der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 war  $497.2 \pm 13.6 \text{ mm}^2$ , am Tag 32 bis 36  $479.5 \pm 10.5 \text{ mm}^2$  und ab Tag 42  $499.4 \pm 12.2 \text{ mm}^2$ . Die Varianzen der Gelbkörperflächen zu den drei Zeitpunkten wurden miteinander mittels ANOVA verglichen und es resultierte kein signifikanter Unterschied. Dies erlaubt die Aussage, dass es keine signifikante Veränderung der Gelbkörperflächen über die Zeit gab.

##### 6.3.1.4.2 Gelbkörper ohne Hohlraum

Zweiunddreissig Gelbkörper ohne Hohlraum konnten während allen drei Untersuchungszeitpunkten untersucht werden. Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen waren am Tag 8 bis 10  $519.8 \pm 23.5 \text{ mm}^2$ , am Tag 32 bis 36  $465.2 \pm 14.9 \text{ mm}^2$  und ab Tag 42  $470.2 \pm 16.0 \text{ mm}^2$ . Die Gelbkörperflächen zu den drei Untersuchungszeitpunkten wurden anhand eines Friedman-Tests verglichen, wobei knapp kein signifikanter Unterschied berechnet wurde (P = 0.079). Somit gab es knapp keine signifikante Veränderung der Gelbkörperflächen von Gelbkörpern ohne Hohlraum über die Zeit. Wurden nur die Mittelwerte der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 und am Tag 32 bis 36 verglichen, konnte eine mittlere Abnahme der Gelbkörperfläche zum Tag 32 bis 36 hin von  $54.6 \pm 9.7 \text{ mm}^2$  gesehen werden, wobei dieser Unterschied signifikant war (P < 0.05).



#### 6.3.1.4.3 Gelbkörper mit Hohlraum

Sechsfundfünfzig Gelbkörper mit Hohlraum konnten während allen drei Untersuchungszeitpunkten untersucht werden. Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen waren am Tag 8 bis 10  $484.3 \pm 16.5 \text{ mm}^2$ , am Tag 32 bis 36  $487.7 \pm 14.0 \text{ mm}^2$  und ab Tag 42  $516.1 \pm 16.4 \text{ mm}^2$ . Die Gelbkörperflächen zu den drei Untersuchungszeitpunkten wurden anhand eines Friedman-Tests verglichen, wobei kein signifikanter Unterschied berechnet wurde. Somit konnte keine signifikante Veränderung der Gelbkörperflächen von Gelbkörpern mit Hohlraum über die Zeit festgestellt werden.

In der multiplen Regression Analyse wurden folgende Variablen in das Grundmodell aufgenommen: Hohlraumflächen, Follikelflächen, Progesteronkonzentrationen bei der KB, Gelbkörpergrösse am Tag 8 bis 10, Progesteronkonzentrationen am Tag 8 bis 10, Jahreszeiten, Zeit von der Abkalbung bis zur KB, Jahresmilchleistung und die Laktationsnummer. Im finalen Modell, nach rückwärts Elimination (step back procedure) war einzig die Gelbkörpergrösse am Tag 8 bis 10, welche die Hohlraumfläche der Gelbkörper beeinflusst ( $r = 0.42$ ;  $P < 0.05$ ).

#### 6.3.2 Gelbkörper und Hohlraum

##### 6.3.2.1 Vergleich und Korrelation der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 zu ihren Hohlräumen

Von den Gelbkörpern am Tag 8 bis 10 ( $n = 175$ ) wiesen 109 Gelbkörper (62 %) einen Hohlraum in ihrem Innern auf und denen gegenüber wiesen 66 Gelbkörper (38 %) keinen Hohlraum auf. Der Mittelwert der Gelbkörperflächen mit einem Hohlraum betrug  $480.9 \pm 12.5 \text{ mm}^2$  und jener von Gelbkörpern ohne Hohlraum  $512.9 \pm 19.4 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen unterschieden sich nicht signifikant. Für die Berechnung zur Prüfung einer Korrelation der Gelbkörperflächen zu ihren Hohlräumen, erhielten die Gelbkörper ohne Hohlraum den Wert 0 zugeteilt. Bei dieser Berechnung kristallisierte sich heraus, dass eine schwache negative jedoch signifikante Korrelation zwischen der Gelbkörperfläche und der Hohlraumfläche bestand ( $r = -0.284$ ;  $P < 0.001$ ). Wurden nur die Gelbkörper berücksichtigt, die tatsächlich einen Hohlraum aufwiesen ( $n = 109$ ), konnte eine mässige und signifikante, negative Korrelation festgestellt werden ( $r = -0.363$ ;  $P < 0.001$ ; Abb. 10).

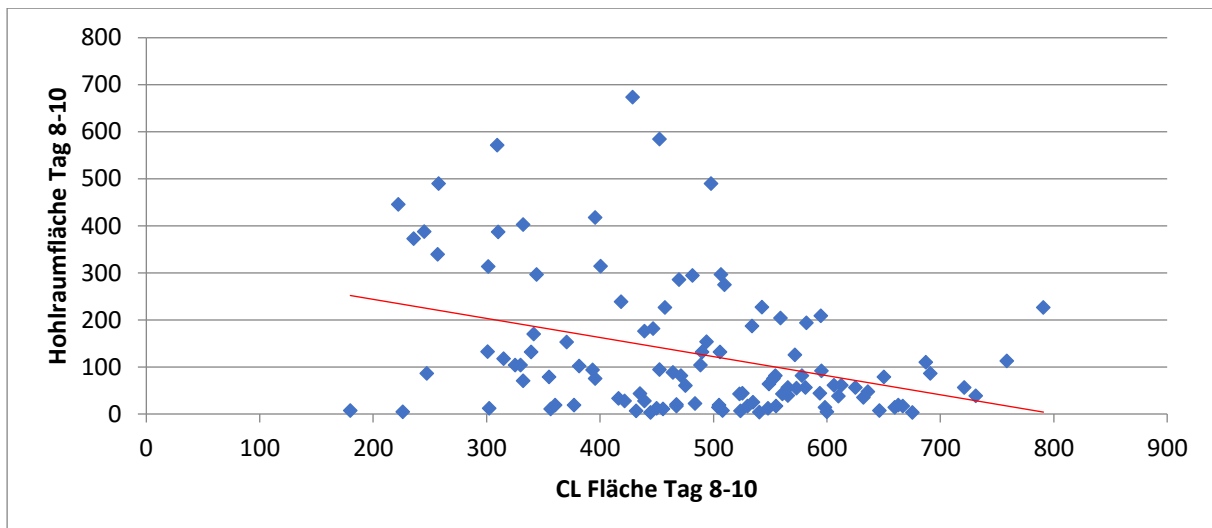


Abbildung 10: Korrelation zwischen den Gelbkörpern (CL in mm<sup>2</sup>) am Tag 8 bis 10 und den Hohlräumen (mm<sup>2</sup>) (n = 109; r = -0.363; P < 0.001).

**6.3.2.2 Korrelation der Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 zu ihren Hohlräumen**  
 Von den Gelbkörpern der trächtigen Kühe am Tag 32 bis 36 (n = 88) wiesen 19 Gelbkörper (22 %) einen Hohlraum in ihrem Innern auf und 69 (78 %) keinen. Für die eine Berechnung zur Prüfung einer Korrelation der Gelbkörperflächen mit ihren Hohlräumen erhielten die Gelbkörper ohne Hohlraum den Wert 0 zugeteilt. Bei dieser Berechnung kristallisierte sich heraus, dass eine mässige, negative Korrelation (r = -0.353; P < 0.001) zwischen der Gelbkörperfläche und dem dazugehörenden Hohlraum bestand (Abb. 11). Wurden nur die tatsächlichen Hohlräume berücksichtigt (n = 19), konnte knapp keine signifikante Korrelation festgestellt werden (r = -0.409; P = 0.083).

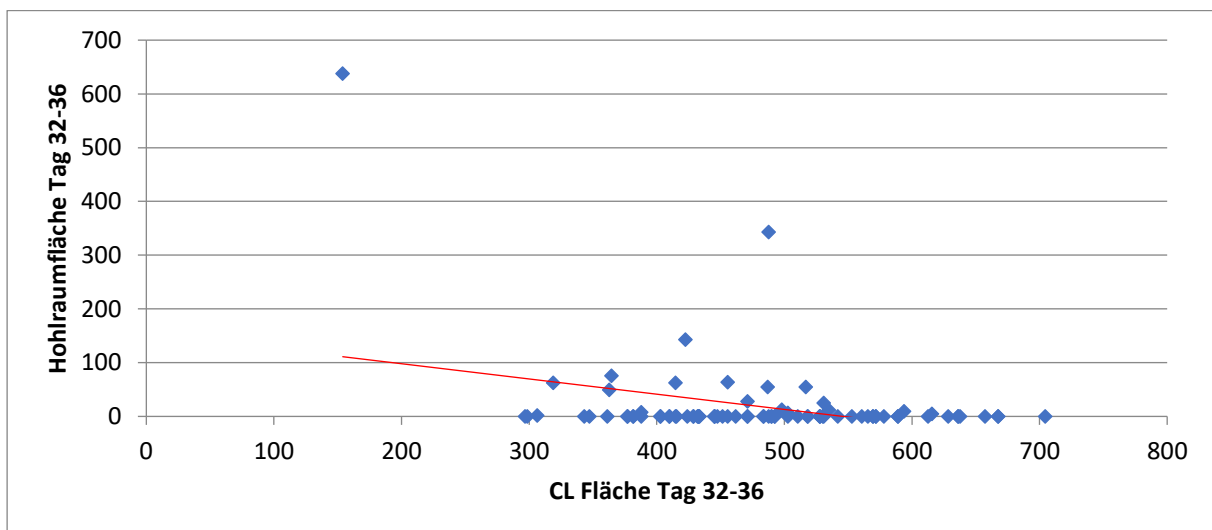


Abbildung 11: Korrelation zwischen den Gelbkörpern (CL in mm<sup>2</sup>) am Tag 32 bis 36 und den Hohlräumen (mm<sup>2</sup>) (n = 88; r = -0.353; P < 0.001).

### 6.3.2.3 Korrelation der Gelbkörperflächen ab Tag 42 zu ihren Hohlräumen

Von den Gelbkörpern der trächtigen Kühe ab Tag 42 ( $n = 89$ ) wiesen sechs Gelbkörper (7 %) einen Hohlraum in ihrem Innern auf und denen gegenüber wiesen 83 Gelbkörper (93 %) keinen Hohlraum auf. Für die eine Berechnung zur Prüfung einer Korrelation der Gelbkörperflächen mit ihren Hohlräumen erhielten die Gelbkörper ohne Hohlraum den Wert 0 zugeteilt. Bei dieser Berechnung kristallisierte sich heraus, dass eine schwache, negative Korrelation ( $r = -0.267$ ;  $P < 0.01$ ) zwischen der Gelbkörperfläche und dem Hohlraum bestand. Wurden nur die tatsächlichen Hohlräume berücksichtigt ( $n = 6$ ), konnte keine signifikante Korrelation gesehen werden.

### 6.3.2.4 Vergleich der Gelbkörperflächen mit und ohne Hohlraum am Tag 8 bis 10

Am Tag 8 bis 10 wiesen 109 Gelbkörper einen Hohlraum auf und hatten eine mittlere Fläche von  $480.9 \pm 12.5 \text{ mm}^2$  und 66 Gelbkörper wiesen keinen Hohlraum auf und hatten eine mittlere Fläche von  $512.9 \pm 19.4 \text{ mm}^2$ . Die beiden Mittelwerte der Gelbkörperflächen unterschieden sich nicht signifikant.

## 6.3.3 Gelbkörper und Trächtigkeit

### 6.3.3.1 Vergleich der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit des Trächtigkeitsbefundes

Total wurden 175 Gelbkörper in die Berechnung einbezogen, wovon 92 Gelbkörper (53 %) von Kühen mit einem späteren positiven Trächtigkeitsergebnis stammten und 83 (47 %) mit einem späteren negativen Trächtigkeitsergebnis. Der Mittelwert der 92 Gelbkörperflächen von den Kühen, die trächtig waren, betrug  $501.6 \pm 13.4 \text{ mm}^2$ , jener der Kühe, die nicht trächtig waren,  $483.4 \pm 17.0 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen unterschieden sich nicht signifikant.

### 6.3.3.2 Vergleich der Gelbkörperlokalisierung am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit des Trächtigkeitsbefundes

Insgesamt waren 110 Gelbkörper (64 %) auf dem rechten Ovar und 63 (36 %) auf dem linken Ovar lokalisiert. Von den Tieren mit einem Gelbkörper auf dem rechten Ovar waren 56 trächtig (51 %) bzw. 54 nicht trächtig (49 %) und von den Tieren mit einem Gelbkörper auf dem linken Ovar waren 35 trächtig (56 %) bzw. 25 nicht trächtig (44 %). Es konnte kein signifikanter Unterschied von der Lokalisation der Gelbkörper bezogen auf ein positives oder negatives Trächtigkeitsergebnis festgestellt werden.

### 6.3.4 Gelbkörper und Progesteron

#### 6.3.4.1 Korrelation der Gelbkörperflächen und Progesteronkonzentrationen am Tag 8 bis 10

Von 170 Kühen mit Gelbkörpern am Tag 8 bis 10 lagen die Blutprogesteronkonzentration vor. Der Mittelwert der Gelbkörperflächen lag bei  $492.7 \pm 11.0 \text{ mm}^2$  und der Mittelwert der Blutprogesteronkonzentration lag zu diesem Zeitpunkt bei  $8.2 \pm 0.3 \text{ ng/ml}$ . Den Berechnungen zur Folge korrelierten die beiden Parameter mässig und positiv miteinander ( $r = 0.338$ ;  $P < 0.001$ ; Abb. 12).

In der multiplen Regression Analyse wurden folgende Variablen in das Grundmodell aufgenommen: Progesteronkonzentrationen am Tag 8 bis 10, Laktationsnummer, Jahresmilchleistung, Zeit von der Abkalbung bis zur KB, Jahreszeiten, Follikelflächen, Progesteronkonzentrationen bei der KB, Gelbkörpergrösse am Tag 8 bis 10 und die Hohlraumflächen. Im finalen Modell war einzig die Gelbkörpergrösse am Tag 8 bis 10, welche die Progesteronkonzentrationen am Tag 8 bis 10 beeinflusst ( $r = 0.46$ ;  $P < 0.01$ ).

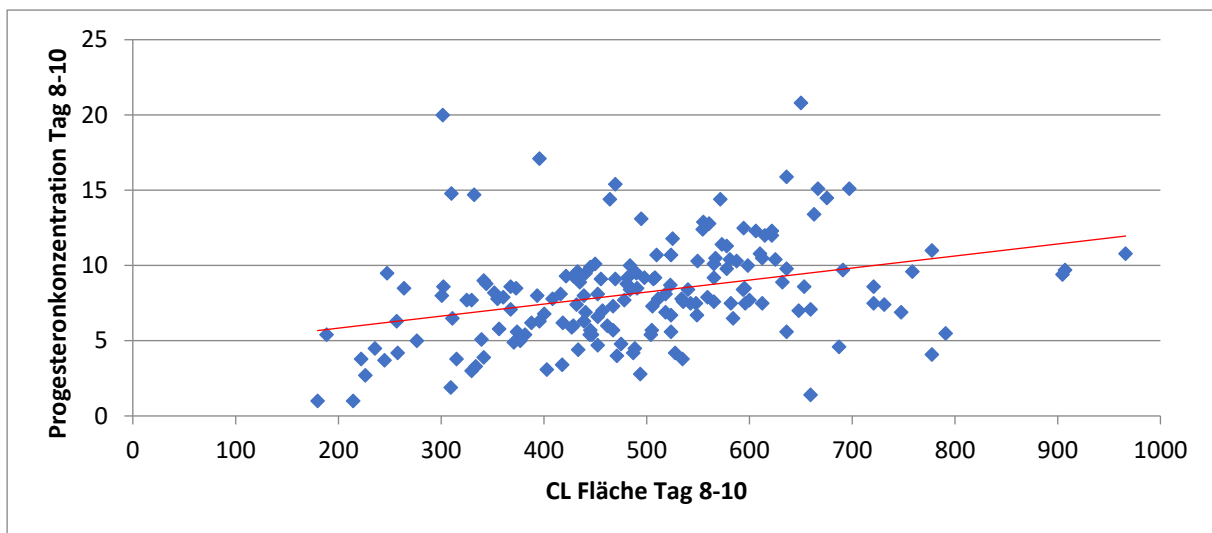


Abbildung 12: Korrelation zwischen den Gelbkörpern (CL in  $\text{mm}^2$ ) und den Progesteronkonzentrationen (ng/ml) am Tag 8 bis 10 ( $n = 170$ ;  $r = 0.338$ ;  $P < 0.001$ ).

### 6.3.5 Gelbkörperflächen und Brunstsymptome

#### 6.3.5.1 Korrelation der Gelbkörperflächen zum Brunstschleimindex und zum Brunstindex

Die mittlere Gelbkörperfläche am Tag 8 bis 10 ( $n = 175$ ) betrug  $493.0 \pm 10.7 \text{ mm}^2$ , der mittlere Brunstschleimindex lag bei  $7.8 \pm 0.1$  Punkten und der mittlere Brunstindex lag bei  $50.9 \pm 3.8$  Punkten. Der Brunstschleimindex und die Gelbkörperflächen korrelierten

nicht miteinander, der Brunstindex und die Gelbkörperflächen hingegen korrelierten schwach, positiv miteinander ( $r = 0.218$ ;  $P < 0.01$ ). Zudem wurde überprüft, ob der Brunstindex und die Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 sowie ab Tag 42 korrelierten. Der Mittelwert der Gelbkörperflächen lag am Tag 32 bis 36 ( $n = 92$ ) bei  $479.4 \pm 10.2 \text{ mm}^2$  und der Brunstindex bei  $57.4 \pm 5.3$  Punkten und ab Tag 42 ( $n = 90$ ) bei  $500.2 \pm 12.1 \text{ mm}^2$  und bei  $56.6 \pm 5.4$  Punkten. Die jeweiligen Parameter korrelierten nicht miteinander.

## 6.4 Berechnungen über die Hohlräume der Gelbkörper

### 6.4.1 Hohlraumflächen untereinander

#### 6.4.1.1 Veränderung der Hohlraumfläche über die Zeit

Insgesamt konnten 89 Gelbkörper über den ganzen Untersuchungszeitraum bis zur Trächtigkeit ab Tag 42 verfolgt werden und somit in diese Berechnungen einbezogen werden. Bei der Untersuchung am Tag 8 bis 10 wiesen 57 Gelbkörper (64 %) einen Hohlraum auf und 32 (36 %) keinen, am Tag 32 bis 36 wiesen 19 Gelbkörper (21 %) einen auf und 70 (79 %) keinen und ab Tag 42 wiesen sechs Gelbkörper (7 %) einen auf und 83 (93 %) keinen. Für die eine Berechnung erhielten alle Gelbkörper, welche keinen Hohlraum oder keinen mehr hatten, den Wert 0 zugeteilt. Dies ergab für die Mittelwerte am Tag 8 bis 10  $73.4 \pm 12.0 \text{ mm}^2$ , am Tag 32 bis 36  $18.6 \pm 8.3 \text{ mm}^2$  und ab Tag 42  $5.9 \pm 4.0 \text{ mm}^2$ . Die Berechnungen ergaben, dass sich der Verlauf der Hohlraumflächen über die Zeit signifikant verändert ( $P < 0.001$ ; Abb. 13). Zum anderen wurden nur die insgesamt sechs Gelbkörper von trächtigen Kühen in die Berechnung einbezogen, welche in allen drei Untersuchungen zu den Zeitpunkten Tag 8 bis 10, Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 einen Hohlraum aufwiesen. Der Mittelwert der Hohlraumflächen am Tag 8 bis 10 betrug  $327.9 \pm 55.8 \text{ mm}^2$ , jener am Tag 32 bis 36  $164.4 \pm 96.2 \text{ mm}^2$  und jener ab Tag 42  $88.0 \pm 51.9 \text{ mm}^2$ . Auch hier ergaben die Berechnungen, dass sich der Verlauf der Hohlraumflächen über die Zeit signifikant verändert ( $P < 0.05$ ).

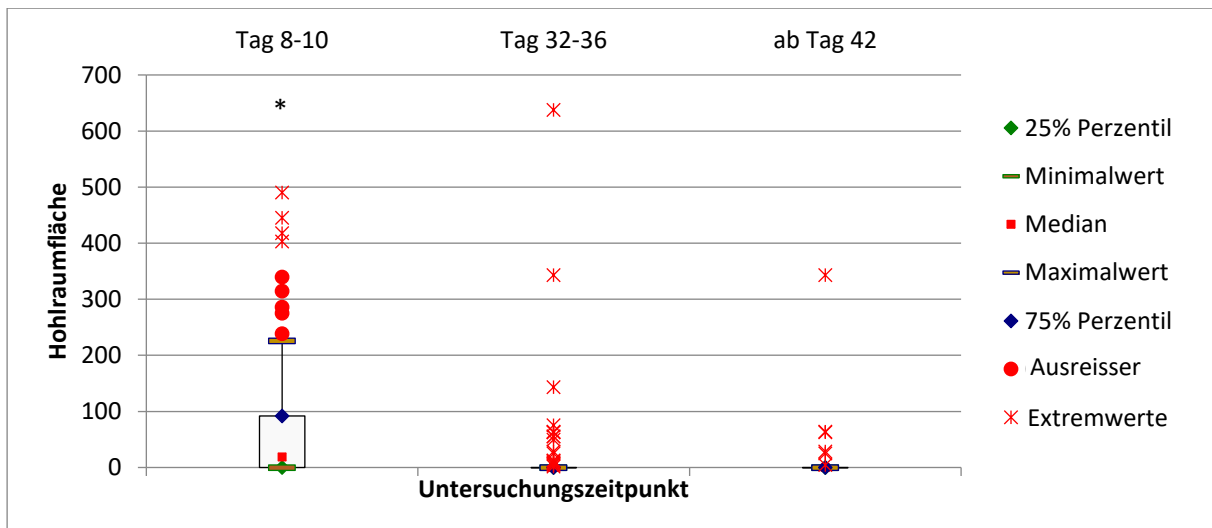


Abbildung 13: Veränderung der Hohlraumflächen (mm<sup>2</sup>) über die drei Untersuchungszeitpunkte (n = 89; P < 0.001; \*Hohlräume am Tag 8 bis 10 unterschieden sich von denen zu den anderen beiden Zeitpunkten).

## 6.4.2 Hohlräume und Trächtigkeit

### 6.4.2.1 Vergleich der Hohlraumgrösse am Tag 8 bis 10 zur Trächtigkeit

Die Hohlräume wurden anhand ihres mittleren Durchmessers entweder der Gruppe kleiner 10 mm und gleich oder grösser als 10 mm zugeteilt. Total wurden 122 Kühe (70 %) in die Gruppe mit einem Durchmesser von weniger als 10 mm und gleich eingeteilt, wovon 67 (55 %) trächtig und 55 (45 %) nicht trächtig waren. In der Gruppe mit Hohlraumflächen grösser als 10 mm wurden 53 Kühe (30 %) eingeteilt, wovon 26 (49 %) trächtig und 27 (51 %) nicht trächtig waren. Es konnte kein signifikanter Unterschied der beiden Gruppen bezogen auf ein positives oder negatives Trächtigkeitsergebnis festgestellt werden.

### 6.4.2.2 Beziehung der Trächtigkeit ab Tag 42 zum Hohlraum des Gelbkörpers am Tag 8 bis 10

Von den Kühen, die bei der Untersuchung am Tag 8 bis 10 einen Hohlraum im Innern der Gelbkörper hatten (n = 129) waren 71 (55 %) trächtig und 58 (45 %) nicht tragend. Von den 71 trächtigen Tieren, hatten 48 (68 %) einen Gelbkörper mit Hohlraum am Tag 8 bis 10 und 23 (32 %) hatten keinen Hohlraum. Von den 58, mit einem negativen Trächtigkeitsbefund, hatten 33 (57 %) einen Gelbkörper mit Hohlraum und 25 (43 %) keinen. Total hatten 81 (63 %) Gelbkörper einen Hohlraum und 48 (37 %) hatten keinen. Es gab keinen signifikanten Unterschied der Gelbkörper mit oder ohne Hohlraum bezogen auf die Trächtigkeit.

### 6.4.3 Hohlraumflächen und Brunstanzeichen

#### 6.4.3.1 Vergleich und Korrelation der Hohlraumflächen am Tag 8 bis 10 und dem Brunstscheim- und Brunstindex

Hundertneun Kühe wiesen einen Gelbkörper mit Hohlraum auf, welche einen mittleren Brunstscheimindex von  $8.0 \pm 0.1$  Punkten und einen Brunstindex von  $48.7 \pm 4.7$  Punkten aufwiesen. Siebenundsechzig Kühe wiesen einen Gelbkörper ohne Hohlraum auf, welche einen Brunstscheimindex von  $7.7 \pm 0.2$  Punkten und einen Brunstindex von  $55.7 \pm 6.6$  Punkten aufwiesen. Die Indizes der Kühe mit Gelbkörpern mit oder ohne Hohlraum waren nicht signifikant voneinander verschieden. Zudem wurde untersucht, ob die Hohlraumflächen und der Brunstscheimindex ( $n = 174$ ) oder der Brunstindex ( $n = 176$ ) korrelierten. Die mittlere Hohlraumfläche betrug  $80.4 \pm 9.9 \text{ mm}^2$ , der mittlere Brunstscheimindex betrug  $7.8 \pm 0.1$  Punkte und der mittlere Brunstindex  $51.4 \pm 3.8$ . Es konnte weder eine Korrelation der Hohlraumflächen mit dem Brunstscheimindex noch mit dem Brunstindex festgestellt werden.

### 6.5 Progesteronkonzentration

#### 6.5.1 Progesteronkonzentration und Gelbkörperflächen

##### 6.5.1.1 Korrelation der Progesteronkonzentrationen bei der KB und der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10, Tag 32 bis 36 und ab Tag 42

Es konnten keine Korrelationen zwischen den Blutprogesteronkonzentrationen von  $0.67 \pm 0.02 \text{ ng/ml}$  und den Gelbkörperflächen weder zum Zeitpunkt bei der KB ( $n = 163$ ) mit einem Mittelwert der Gelbkörperflächen von  $501.9 \pm 10.9 \text{ mm}^2$ , noch zwischen den Blutprogesteronkonzentrationen von  $0.63 \pm 0.02 \text{ ng/ml}$  zu den Gelbkörperflächen zum Zeitpunkt Tag 32 bis 36 ( $n = 89$ ) mit einem Mittelwert von  $481.0 \pm 10.4 \text{ mm}^2$  oder den Blutprogesteronkonzentrationen von  $0.64 \pm 0.02 \text{ ng/ml}$  zu den zum Gelbkörperflächen zum Zeitpunkt ab Tag 42 ( $n = 87$ ) mit den Mittelwerten der Gelbkörperflächen von  $504.6 \pm 12.3 \text{ mm}^2$  festgestellt werden.

#### 6.5.2 Progesteronkonzentration und Hohlraum

##### 6.5.2.1 Korrelation der Progesteronkonzentrationen bei der KB und der Hohlraumflächen am Tag 8 bis 10

Es konnte eine schwache, negative Korrelation ( $r = -0.207$ ;  $P < 0.05$ ; Abb. 14) zwischen den Blutprogesteronkonzentrationen zum Zeitpunkt der KB von  $0.66 \pm 0.03 \text{ ng/ml}$  und

den Hohlraumflächen der Gelbkörper an den Tagen 8 bis 10 ( $n = 104$ ) mit einem Mittelwert von  $127.2 \pm 14.2 \text{ mm}^2$  festgestellt werden.

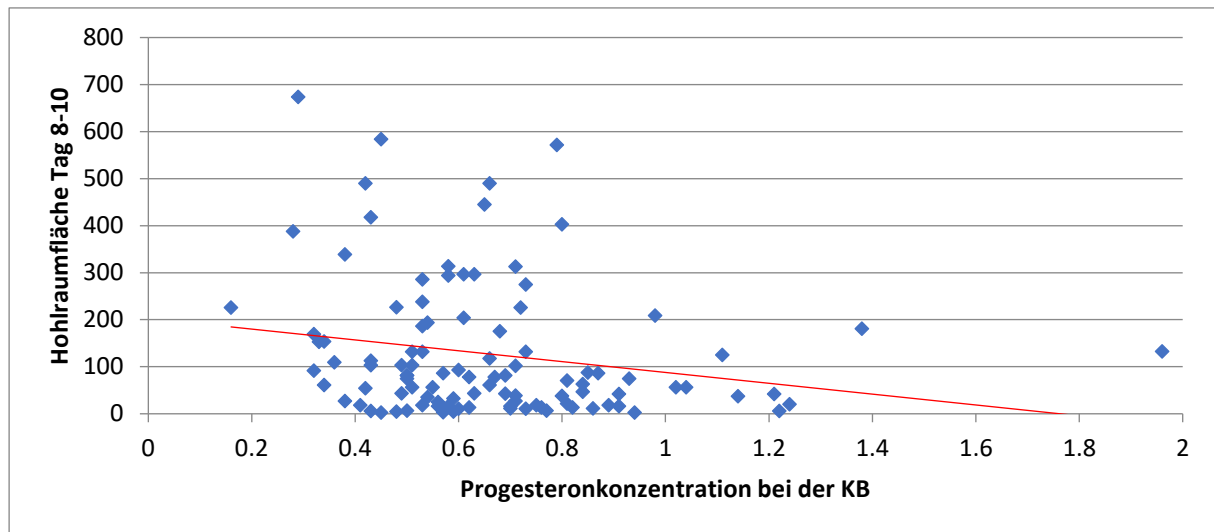


Abbildung 14: Korrelation zwischen den Progesteronkonzentrationen (ng/ml) bei der KB und den Hohlräumen ( $\text{mm}^2$ ) am Tag 8 bis 10 ( $n = 104$ ;  $r = -0.207$ ;  $P < 0.05$ ).

### 6.5.3 Progesteronkonzentration und Trächtigkeit

#### 6.5.3.1 Vergleich der Progesteronkonzentrationen bei der KB in Abhängigkeit zum Nachweis der Trächtigkeit am Tag 32 bis 36

Der Mittelwert der Progesteronkonzentrationen von trächtigen Kühen ( $n = 87$ ; 53 %) lag bei  $0.64 \pm 0.02 \text{ ng/ml}$  und jener von nicht trächtigen Kühen ( $n = 77$ ; 47 %)  $0.69 \pm 0.04 \text{ ng/ml}$ . Die beiden Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant.

#### 6.5.3.2 Vergleich der Progesteronkonzentration bei der KB in Abhängigkeit zum Nachweis der Trächtigkeit ab Tag 42

##### 6.5.3.2.1 Progesteronkonzentrationsgrenzwert 1.0 ng/ml

Insgesamt wurden bei 14 Kühen (8 %) eine Progesteronkonzentration grösser als 1.0 ng/ml festgestellt, von welchen fünf (36 %) trächtig und neun (67 %) nicht trächtig waren. Weniger oder gleich 1.0 ng/ml hatten 151 Kühe (92 %), von welchen 87 (58 %) trächtig und 64 (42 %) nicht trächtig waren. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen berechnet werden.

##### 6.5.3.2.2 Progesteronkonzentrationsgrenzwert 0.5 ng/ml

Insgesamt wurden bei 127 Kühen (77 %) eine Progesteronkonzentration grösser als 0.5 ng/ml festgestellt, von welchen 68 (54 %) trächtig und 59 (46 %) nicht trächtig waren. Weniger oder gleich 0.5 ng/ml hatten 39 Kühe (23 %), von welchen 24 (62 %) trächtig



und 15 (38 %) nicht trächtig waren. Es konnte kein signifikanter Unterschied der beiden Gruppen berechnet werden.

#### 6.5.4 Progesteronkonzentrationen untereinander

4.5.4.1 Korrelation der Progesteronkonzentration bei der KB und der am Tag 8 bis 10  
Die Mittelwerte von 160 Progesteronkonzentrationen lagen am Tag der KB bei  $0.66 \pm 0.02$  ng/ml und am Tag 8 bis 10 bei  $8.17 \pm 0.26$  ng/ml. Die Progesteronkonzentrationen zu den beiden Zeitpunkten korrelierten mässig, positiv miteinander ( $r = 0.331$ ;  $P < 0.001$ ; Abb. 15).

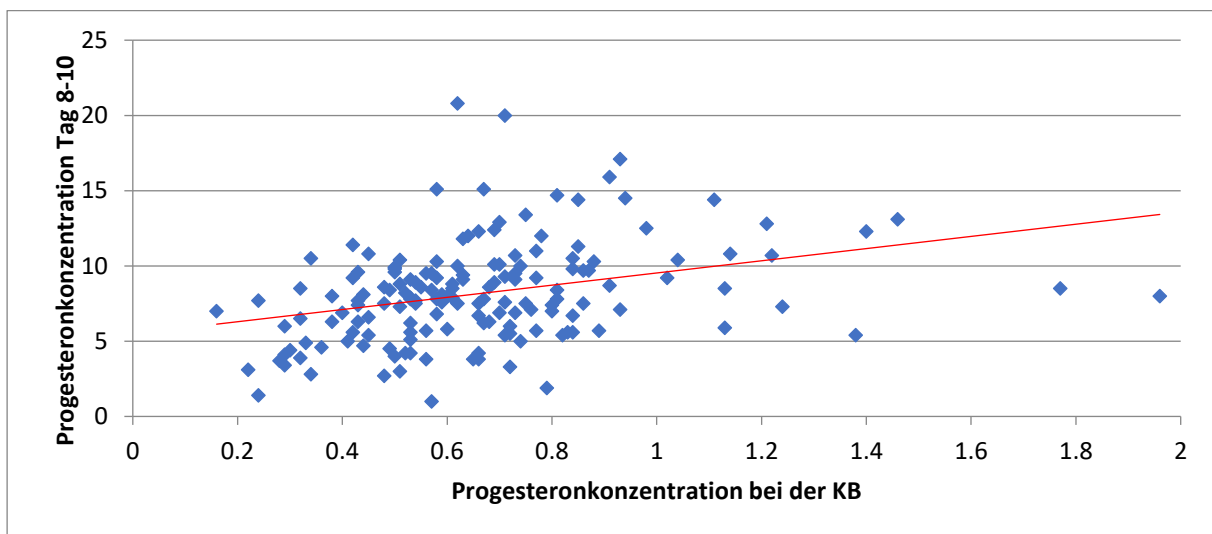


Abbildung 15: Korrelation zwischen den Progesteronkonzentrationen (ng/ml) bei der KB und am Tag 8 bis 10 ( $n = 160$ ;  $r = 0.331$ ;  $P < 0.001$ ).

#### 6.5.5 Progesteronkonzentrationen und Brunstindizes

##### 6.5.5.1 Progesteronkonzentrationen bei der KB

###### 6.5.5.1.1 Progesteronkonzentrationsgrenzwert 1.0 ng/ml

Insgesamt wurden bei 14 Kühen (8 %) eine Progesteronkonzentration grösser als 1.0 ng/ml festgestellt, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $8.0 \pm 0.3$  Punkten sowie einen Brunstindex von  $47.8 \pm 13.9$  Punkten erreichten. Gleich oder kleiner als 1.0 ng/ml hatten 151 Kühe (92 %), welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $7.9 \pm 0.1$  Punkten und einen Brunstindex von  $55.2 \pm 4.2$  Punkten erreichten. Die jeweiligen Mittelwerte der beiden Kategorien bezogen auf den Brunstschleimindex sowie auf den Brunstindex unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

###### 6.5.5.1.2 Progesteronkonzentrationsgrenzwert 0.5 ng/ml

Insgesamt wurden bei 127 Kühe (77 %) eine Progesteronkonzentration grösser als 0.5 ng/ml festgestellt, welche einen mittleren Brunstschleimindex von  $8.1 \pm 0.1$  Punkten

und einen Brunstindex von  $57.8 \pm 4.6$  Punkten erreichten. Kleiner oder gleich  $0.5 \text{ ng/ml}$  hatten 39 Kühe (23 %), welche einen mittleren Brunstscheimindex von  $7.6 \pm 0.3$  Punkten und einen Brunstindex von  $42.9 \pm 7.4$  Punkten erreichten. Die Mittelwerte der Brunstscheimindizes in Abhängigkeit der Progesteronkonzentrationen unterschieden sich signifikant voneinander ( $P < 0.05$ ) und jene von den Brunstindizes unterschieden sich knapp nicht signifikant ( $P = 0.089$ ).

#### 6.5.5.2 Korrelation der Progesteronkonzentrationen und den Brunstscheim- sowie dem Brunstindizes

Zum Zeitpunkt der KB lag die mittlere Progesteronkonzentration bei  $0.66 \pm 0.02 \text{ ng/ml}$ , der mittlere Brunstscheimindex betrug  $8.0 \pm 0.1$  Punkte und der mittlere Brunstindex lag bei  $54.1 \pm 4.0$  Punkten. Am Tag 8 bis 10 betrug die mittlere Progesteronkonzentration  $8.2 \pm 0.3 \text{ ng/ml}$  und der mittlere Brunstscheimindex  $7.9 \pm 0.1$  Punkte. Die jeweiligen Parameter korrelierten weder zum Zeitpunkt der KB noch am Tag 8 bis 10 miteinander.

## 6.6 Einfluss der Jahreszeit

### 6.6.1 Jahreszeit und Follikelfläche

#### 6.6.1.1 Vergleich der Follikelflächen bei der KB in Abhängigkeit der Jahreszeit

Die Follikelflächen bei der KB ( $n = 174$ ) wurden entsprechend dem Besamungszeitpunkt den beiden Kategorien «warm» (29, 17 %) oder «kalt» (145, 83 %) zugeordnet. Der Mittelwert der Follikelflächen der Kategorie «warm» betrug  $228.4 \pm 10.5 \text{ mm}^2$  und jener der Kategorie «kalt»  $229.6 \pm 5.6 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der beiden Kategorien unterschieden sich nicht signifikant. Wurden die Mittelwerte der Follikelflächen den vier Jahreszeiten zugeordnet, ergab dies im Frühling  $237.8 \pm 10.9 \text{ mm}^2$ , im Sommer  $228.4 \pm 10.5 \text{ mm}^2$ , im Herbst  $231.8 \pm 7.8 \text{ mm}^2$  und im Winter  $218.4 \pm 11.5 \text{ mm}^2$ . Auch hier konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

### 6.6.2 Jahreszeit und Gelbkörper

#### 6.6.2.1 Vergleich Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zur Jahreszeit

Die Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 ( $n = 175$ ) wurden entsprechend dem Besamungszeitpunkt den beiden Kategorien «warm» (29, 17 %) oder «kalt» (146, 83 %) zugeordnet. Der Mittelwert der Gelbkörperflächen der Kategorie «warm» betrug  $472.9 \pm 26.8 \text{ mm}^2$  und jener der Kategorie «kalt»  $496.9 \pm 11.7 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der beiden Kategorien unterschieden sich nicht signifikant. Wurden die

Besamungszeitpunkte den vier Jahreszeiten zugeordnet, lagen die Mittelwerte der Gelbkörperflächen im Frühling bei  $456.9 \pm 22.1 \text{ mm}^2$ , im Sommer bei  $472.9 \pm 26.8 \text{ mm}^2$ , im Herbst bei  $532.8 \pm 17.1 \text{ mm}^2$  und im Winter bei  $462.8 \pm 20.4 \text{ mm}^2$ . Bei diesen Vergleichen konnte festgestellt werden, dass sich der Mittelwert der Gelbkörperflächen von den im Herbst besamen Kühen signifikant von den anderen drei Jahreszeiten unterscheidet ( $P < 0.05$ , Abb. 16).

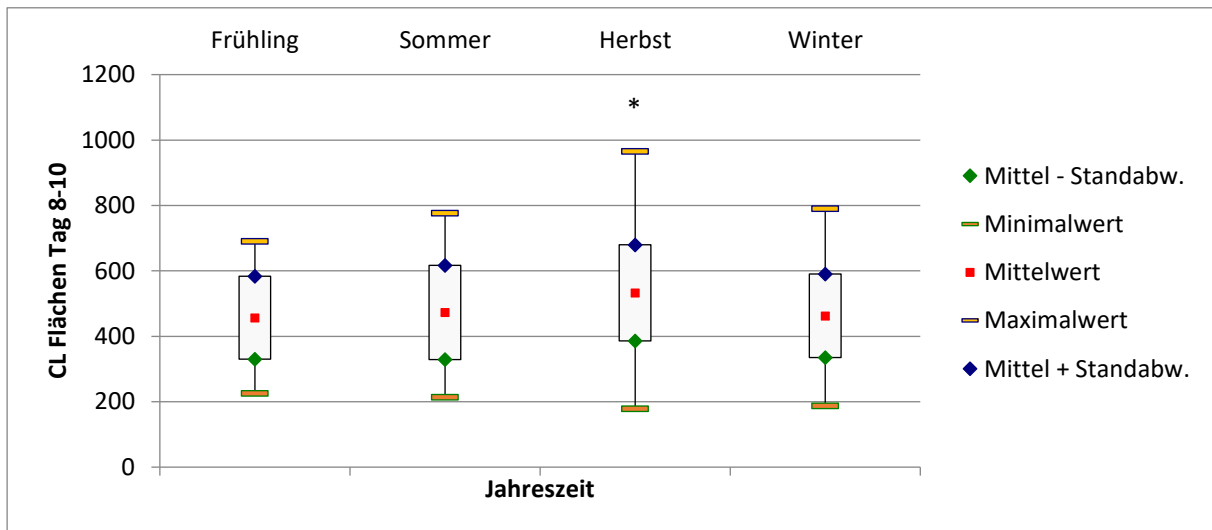


Abbildung 16: Vergleich der Gelbkörperflächen (CL in  $\text{mm}^2$ ) am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zur Jahreszeit ( $n = 175$ ;  $P < 0.05$ ; \*die Gelbkörperflächen der im Herbst besamen Kühe unterscheiden sich zu den drei anderen Jahreszeiten signifikant).

#### 6.6.2.2 Vergleich der Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 in Abhängigkeit zur Jahreszeit

Die Gelbkörperflächen der trächtigen Kühe am Tag 32 bis 36 ( $n = 92$ ) und ab Tag 42 ( $n = 90$ ) wurden entsprechend dem Besamungszeitpunkt den beiden Kategorien «warm» (17 bzw. 16, 18 % bzw. 18 %) oder «kalt» (75 bzw. 74, 82 % bzw. 82 %) zugeordnet. Der Mittelwert der Gelbkörperflächen der Kategorie «warm» betrug  $465.1 \pm 23.7$  bzw.  $513.0 \pm 19.9 \text{ mm}^2$  und jener der Kategorie «kalt»  $482.6 \pm 11.3$  bzw.  $497.5 \pm 14.1 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der beiden Kategorien unterschieden sich zu beiden Zeitpunkten nicht signifikant. Wurden die Mittelwerte der Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 den vier Jahreszeiten zugeordnet, ergab dies im Frühling  $462.6 \pm 19.8 \text{ mm}^2$ , im Sommer  $465.1 \pm 23.7 \text{ mm}^2$ , im Herbst  $491.7 \pm 13.1 \text{ mm}^2$  und im Winter  $480.2 \pm 31.3 \text{ mm}^2$ . Bei diesen Vergleichen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

#### 6.6.3 Jahreszeit und Hohlraum

#### 6.6.3.1 Vergleich der Hohlraumflächen der Gelbkörper am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zur Jahreszeit

Die Hohlraumflächen der Gelbkörper am Tag 8 bis 10 ( $n = 109$ ) wurden entsprechend des Besamungszeitpunkts den beiden Kategorien «warm» 22 (20 %) oder «kalt» 87 (80 %) zugeordnet. Der Mittelwert der Hohlraumflächen der Kategorie «warm» betrug  $154.8 \pm 33.9 \text{ mm}^2$  und jener der Kategorie «kalt»  $123.5 \pm 15.3 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der beiden Kategorien unterschieden sich nicht signifikant. Wurden die Hohlraumflächen den vier Jahreszeiten zugeordnet mit entsprechend allen Gelbkörpern ( $n = 176$ ), wobei alle Gelbkörper ohne Hohlraum den Wert 0 erhielten, ergab sich für den Frühling  $80.2 \pm 20.0 \text{ mm}^2$ , für den Sommer  $117.4 \pm 28.5 \text{ mm}^2$ , für den Herbst  $79.3 \pm 16.2 \text{ mm}^2$  und für den Winter  $55.8 \pm 16.8 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte unterschieden sich bei diesem Vergleich nicht signifikant.

#### 6.6.4 Jahreszeit und Trächtigkeit

6.6.4.1 Vergleich der Trächtigkeit am Tag 32 bis 36 in Abhängigkeit zur Jahreszeit  
Insgesamt wurden in der «kalten» Jahreszeit 147 Kühe besamt, von welchen 76 (52 %) trächtig bzw. 71 (48 %) nicht trächtig wurden. In der «warmen» Jahreszeit wurden 29 Kühe besamt, von welchen 17 (59 %) trächtig bzw. 12 (41 %) nicht trächtig wurden. Diese beiden Kategorien unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Wurden die trächtigen und nicht trächtigen Kühe den vier Jahreszeiten zugeordnet, ergab dies im Frühling 17 (52 %) trächtige bzw. 16 (48 %), nicht trächtige im Sommer 17 (59 %) bzw. 12 (41 %), im Herbst 40 (54 %) bzw. 34 (46 %) und im Winter 19 (48 %) bzw. 21 (52 %) trächtige bzw. nicht trächtige Kühe. Bei diesem Vergleich konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

#### 6.6.5 Jahreszeit und Progesteronkonzentration

##### 6.6.5.1 Vergleich der Progesteronkonzentrationen bei der KB und am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zur Jahreszeit

Die Blutprogesteronkonzentrationen bei der KB und am Tag 8 bis 10 wurden entsprechend dem Besamungszeitpunkt den beiden Kategorien «warm» (KB:  $n = 28$ ; 8 bis 10:  $n = 28$ ) oder «kalt» (KB:  $n = 138$ ; 8 bis 10:  $n = 143$ ) zugeordnet. Der Mittelwert der Progesteronkonzentrationen bei der KB der Kategorie «warm» betrug  $1.0 \pm 0.43 \text{ ng/ml}$  und jener der Kategorie «kalt»  $0.79 \pm 0.11 \text{ ng/ml}$ . Der Mittelwert der Progesteronkonzentrationen am Tag 8 bis 10 der Kategorie «warm» betrug  $7.85 \pm 0.75$

ng/ml und jener der Kategorie «kalt»  $8.22 \pm 0.27$  ng/ml. Die Mittelwerte der beiden Kategorien zum Zeitpunkt KB und am Tag 8 bis 10 unterschieden sich jeweils nicht signifikant voneinander. Wurden die Progesteronkonzentrationen bei der KB und am Tag 8 bis 10 den vier Jahreszeiten zugeordnet, ergab sich für den Frühling  $0.70 \pm 0.07$  ng/ml bzw.  $8.09 \pm 0.56$  ng/ml, für den Sommer  $0.57 \pm 0.04$  ng/ml bzw.  $7.85 \pm 0.75$  ng/ml, für den Herbst  $0.68 \pm 0.03$  ng/ml bzw.  $8.59 \pm 0.41$  ng/ml und für den Winter  $0.68 \pm 0.05$  ng/ml bzw.  $7.61 \pm 0.44$  ng/ml. Die Mittelwerte unterschieden sich bei diesen Vergleichen nicht signifikant.

#### 6.6.6 Jahreszeit und Brunst

##### 6.6.6.1 Vergleich des Brunstsleim- und Brunstindex in Abhängigkeit zur Jahreszeit

In der «kalten» Jahreszeit wurden 147 Besamungen bei einem Schleimindex von durchschnittlich  $7.8 \pm 0.1$  Punkten und einem Brunstindex von  $50.7 \pm 4.3$  Punkten durchgeführt und in der «warmen» Jahreszeit 29 Besamungen bei einem Schleimindex von  $8.1 \pm 0.3$  Punkten und einem Brunstindex von  $54.8 \pm 8.9$  Punkten. Die jeweiligen Mittelwerte in der warmen oder in der kalten Jahreszeit waren nicht signifikant verschieden. Wurde der Schleimindex und der Brunstindex den vier Jahreszeiten Frühling ( $n = 33$ ;  $7.7 \pm 0.3$  resp.  $26.6 \pm 6.3$  Punkte), Sommer ( $n = 29$ ;  $8.1 \pm 0.3$  resp.  $54.8 \pm 8.9$  Punkte), Herbst ( $n = 74$ ;  $7.8 \pm 0.2$  resp.  $56.9 \pm 6.0$  Punkte) und Winter ( $n = 40$ ;  $7.9 \pm 0.2$  resp.  $59.2 \pm 9.0$  Punkte) zugeteilt, konnte beim Brunstindex festgestellt werden, dass sich der Mittelwert im Frühling signifikant von den anderen der drei Jahreszeiten unterscheidet ( $P < 0.01$ ; Abb. 17). Der Schleimindex war jedoch nicht signifikant verschieden.

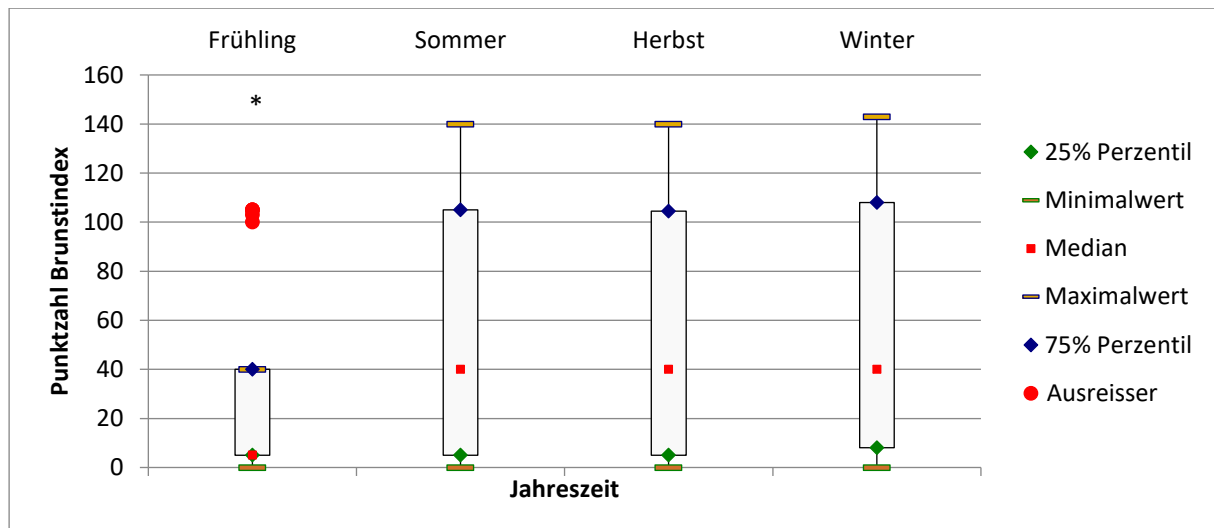


Abbildung 17: Vergleich der Brunstindizes in Abhängigkeit zur Jahreszeit (n = 176; P < 0.01; \*der Brunstindex der im Frühling besamten Kühe unterscheiden sich zu den drei anderen Jahreszeiten signifikant).

## 6.7 Einfluss der Zeit von der Abkalbung bis zur KB

### 6.7.1 Zeitraum von der Abkalbung bis zur KB und Follikelfläche sowie Gelbkörperfläche

#### 6.7.1.1 Korrelation des Zeitraumes von der Abkalbung bis zur KB und der Follikelfläche bei der KB sowie der Gelbkörperflächen an den Tagen 8 bis 10, 32 bis 36 und 42

Es konnte weder zwischen der Zeitdauer von der Abkalbung bis zur KB und der Follikelflächen bei der KB noch zwischen der Zeitdauer von der Abkalbung bis zur KB und den Gelbkörperflächen an den Untersuchungstagen 8 bis 10, 32 bis 36 und ab 42 eine Korrelation festgestellt werden.

### 6.7.2 Zeitraum bis zur KB und Hohlraum

#### 6.7.2.1 Korrelation der Zeit bis zur KB und der Hohlraumfläche der Gelbkörper am Tag 8 bis 10

Der Mittelwert des Zeitraums bis zur KB (n = 109) betrug  $125.8 \pm 6.3$  Tage und der Mittelwert der Hohlraumflächen  $129.8 \pm 14.0 \text{ mm}^2$ . Die beiden Parameter korrelierten nicht signifikant miteinander.

### 6.7.3 Zeitraum bis zur KB und Trächtigkeit

#### 6.7.3.1 Vergleich des Zeitraums bis zur KB in Abhängigkeit der Trächtigkeit am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42

Der Zeitraum bis zur KB der Kühe wurde entsprechend des positiven (n = 93) oder negativen (n = 83) Trächtigkeitsbefunds am Tag 32 bis 36 zugeordnet. Der Mittelwert

der Zeit bis zur KB der trächtigen Kühe betrug  $118.9 \pm 6.8$  Tage und jener der nicht trächtigen Kühe  $138.3 \pm 8.1$  Tage. Die Mittelwerte der beiden Zeiten bis zur KB unterschieden sich knapp nicht signifikant voneinander bezogen auf den positiven oder negativen Trächtigkeitsbefund am Tag 32 bis 36 ( $P = 0.067$ ; Tab. 6). Dieselbe Berechnung wurde auch für die Mittelwerte der Zeiten bis zur KB bezogen auf die Trächtigkeit ab Tag 42 gemacht. Die Mittelwerte der Zeiten bis zur KB zu diesem Zeitpunkt betrugen für trächtige Kühe ( $n = 90$ )  $117.5 \pm 6.7$  Tage und für nicht trächtige Kühe ( $n = 86$ )  $139.2 \pm 8.1$  Tage. Die Mittelwerte der beiden Zeiten bis zur KB unterschieden sich signifikant voneinander bezogen auf den positiven oder negativen Trächtigkeitsbefund ab Tag 42 ( $P < 0.05$ ; Tab. 6).

Tabelle 6: Vergleich der Zeit von der letzten Abkalbung bis zur KB mit dem Trächtigkeitsbefund.

| Zeitpunkt | Trächtig | Anzahl<br>[n] | Zeit AK bis KB<br>[Tage] | Signifikanz<br>[P] |
|-----------|----------|---------------|--------------------------|--------------------|
| Tag 32-36 | Ja       | 93            | $118.9 \pm 6.8$          | $P = 0.067$        |
|           | Nein     | 83            | $138.3 \pm 8.1$          |                    |
| Tag 42    | Ja       | 90            | $117.5 \pm 6.7$          | $P < 0.05$         |
|           | Nein     | 86            | $139.2 \pm 8.1$          |                    |

#### 6.7.4 Zeitraum bis zur KB und Progesteronkonzentration

##### 6.7.4.1 Korrelation zwischen dem Zeitraum bis zur KB und den Progesteronkonzentrationen bei der KB und am Tag 8 bis 10

Die Mittelwerte betrugen für den Zeitraum bis zur KB  $126.9 \pm 5.3$  Tage und für die Progesteronkonzentrationen bei der KB  $0.83 \pm 0.12$  ng/ml. Die Mittelwerte am Tag 8 bis 10 betrugen für die Zeitdauer bis zur KB  $125.7 \pm 5.1$  Tage und für die Progesteronkonzentrationen  $8.15 \pm 0.26$  ng/ml. Die beiden Parameter korrelierten weder bei der KB noch am Tag 8 bis 10 signifikant miteinander.

#### 6.7.5 Zeitraum bis zur KB und Jahreszeit

##### 6.7.5.1 Vergleich des Zeitraums bis zur KB in Abhängigkeit der Jahreszeit

Der Zeitraum bis zur KB wurde anhand des Besamungszeitpunkts den beiden Jahreszeitkategorien «warm» ( $n = 29$ ) oder «kalt» ( $n = 147$ ) zugeordnet. Der Mittelwert der Zeitraum bis zur KB der Kategorie «warm» betrug  $131.9 \pm 12.4$  Tage und jener der

Kategorie «kalt»  $127.3 \pm 5.8$  Tage. Die Mittelwerte der beiden Kategorien unterschieden sich nicht signifikant.

#### 6.7.6 Zeitraum bis zur KB und Brunst

##### 6.7.6.1 Korrelation des Zeitraums bis zur KB zum Brunstschleimindex und zum Brunstindex

Die mittlere Anzahl Tage von der Abkalbung bis zur KB betrug  $128.1 \pm 5.3$  Tage, der Brunstschleimindex lag bei  $7.8 \pm 0.1$  Punkten und der Brunstindex bei  $51.4 \pm 3.8$  Punkten. Die jeweiligen Parameter korrelierten nicht miteinander.

### 6.8 Einfluss der Milchleistung

Die Milchleistung der Kühe bezog sich auf 305 Laktationstage.

#### 6.8.1 Milchleistung und Flächen der Funktionsgebilde

##### 6.8.1.1 Korrelation der Milchleistung und der Follikelfläche bei der KB und der Gelbkörperflächen an den Tagen 8 bis 10, 32 bis 36 und ab 42

Der Mittelwert der Milchleistungen ( $n = 105$ ) betrug  $8860 \pm 175$  kg Milch, der Mittelwert der Follikelflächen  $227.5 \pm 6.1$  mm<sup>2</sup>, jener der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10  $502.1 \pm 13.9$  mm<sup>2</sup>, jener am Tag 32 bis 36  $476.4 \pm 13.0$  mm<sup>2</sup>, jener ab Tag 42  $502.0 \pm 15.7$  mm<sup>2</sup> und jener der Hohlraumflächen am Tag 8 bis 10  $127.0 \pm 21.0$  mm<sup>2</sup>. Die Milchleistungen und die Flächen der Funktionsgebilde korrelierten jeweils nicht signifikant miteinander.

#### 6.8.2 Milchleistung und Trächtigkeit

##### 6.8.2.1 Beziehung der Milchleistung zur Trächtigkeit am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42

Die Milchleistung der Kühe wurde entsprechend des positiven ( $n = 62$ ) oder negativen ( $n = 45$ ) Trächtigkeitsbefundes am Tag 32 bis 36 zugeordnet. Der Mittelwert der Milchleistung der trächtigen Kühe betrug  $8600 \pm 190$  kg Milch und jener der nicht trächtigen Kühe  $9180 \pm 311$  kg Milch. Die Mittelwerte der beiden Milchleistungen unterschieden sich knapp nicht signifikant voneinander bezogen auf einen positiven oder negativen Trächtigkeitsbefund am Tag 32 bis 36 ( $P = 0.085$ ). Dieselbe Berechnung wurde auch für die Mittelwerte der Milchleistungen bezogen auf die Trächtigkeit ab Tag 42 gemacht. Die Mittelwerte der Milchleistungen zu diesem Zeitpunkt betrugen für trächtige Kühe ( $n = 59$ )  $8590 \pm 198$  kg Milch und für nicht



trächtige Kühe ( $n = 48$ )  $9150 \pm 293$  kg Milch. Die Mittelwerte der beiden Milchleistungen unterschieden sich knapp nicht signifikant voneinander bezogen auf den positiven oder negativen Trächtigkeitsbefund ab Tag 42 ( $P = 0.085$ ).

### 6.8.3 Milchleistung und Progesteron

#### 6.8.3.1 Korrelation der Milchleistungen und den Progesteronkonzentrationen zum Zeitpunkt der KB

Der Mittelwert ( $n = 102$ ) betrug für die Milchleistung  $8891 \pm 179$  kg Milch und jener für die Progesteronkonzentration  $0.79 \pm 0.15$  ng/ml. Die beiden Parameter korrelierten nicht signifikant miteinander.

### 6.8.4 Milchleistung und Zeitraum bis zur KB

#### 6.8.4.1 Korrelation der Milchleistung und des Zeitraums von der Abkalbung bis zur KB

Der Mittelwert ( $n = 107$ ) betrug für die Milchleistung  $8844 \pm 172$  kg Milch und jener für die Zeitspanne von der Abkalbung bis zur KB  $125.7 \pm 6.3$  Tage. Die beiden Parameter korrelierten nicht signifikant miteinander.

### 6.8.5 Milchleistung und Brunst

#### 6.8.5.1 Korrelation der Milchleistung zum Brunstscheim- und Brunstindex

Die mittlere Milchleistung ( $n = 107$ ) lag bei  $8840 \pm 172$  kg Milch, die mittlere Brunstscheimpunktzahl lag bei  $8.1 \pm 0.1$  Punkten und der mittlere Brunstindex lag bei  $56.6 \pm 5.0$  Punkten. Die Milchleistung und der Brunstscheimindex korrelierten nicht miteinander, wohingegen die Milchleistung und der Brunstindex schwach, positiv miteinander korrelierten ( $r = 0.238$ ;  $P < 0.05$ ; Abb. 18).

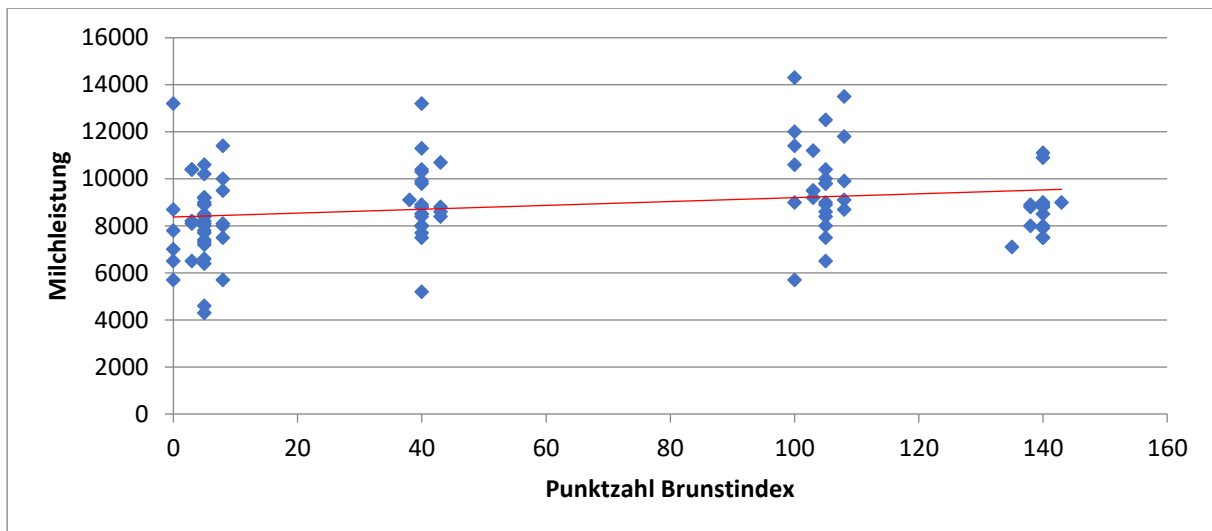


Abbildung 18: Korrelation zwischen der Milchleistung (kg) und dem Brunstindex (n = 107;  $r = 0.238$ ;  $P < 0.05$ ).

## 6.9 Einfluss der Laktation

### 6.9.1 Vergleich der Laktationsnummer in Abhängigkeit des Brunstscheim- und Brunstindex

Die Brunstscheimindizes wurden entsprechend der Laktationsnummer ermittelt. Die dabei erhaltenen mittleren Brunstscheimpunktzahlen sind für die erste Laktation (n = 42)  $7.2 \pm 0.4$ , für die zweite Laktation (n = 48)  $7.7 \pm 0.2$ , für die dritte Laktation (n = 34)  $8.1 \pm 0.2$ , für die vierte Laktation (n = 20)  $8.3 \pm 0.2$ , für die fünfte Laktation (n = 15)  $8.3 \pm 0.2$  und für die sechste Laktation (n = 9)  $8.4 \pm 0.4$ . Die Brunstscheimindizes der Kühe in der ersten Laktation und jene in der sechsten Laktation waren signifikant verschieden ( $P < 0.05$ ; Abb. 19). Wurden dieselben Berechnungen mit dem Brunstindex durchgeführt, ergaben sich für die erste Laktation  $45.6 \pm 7.5$  Punkte, für die zweite  $50.6 \pm 7.7$  Punkte, für die dritte  $48.3 \pm 8.1$  Punkte, für die vierte  $56.4 \pm 11.2$  Punkte und für die fünfte  $50.1 \pm 13.5$  Punkte. Die mittleren Brunstindizes bezogen auf die Laktationsnummer unterschieden sich nicht signifikant.

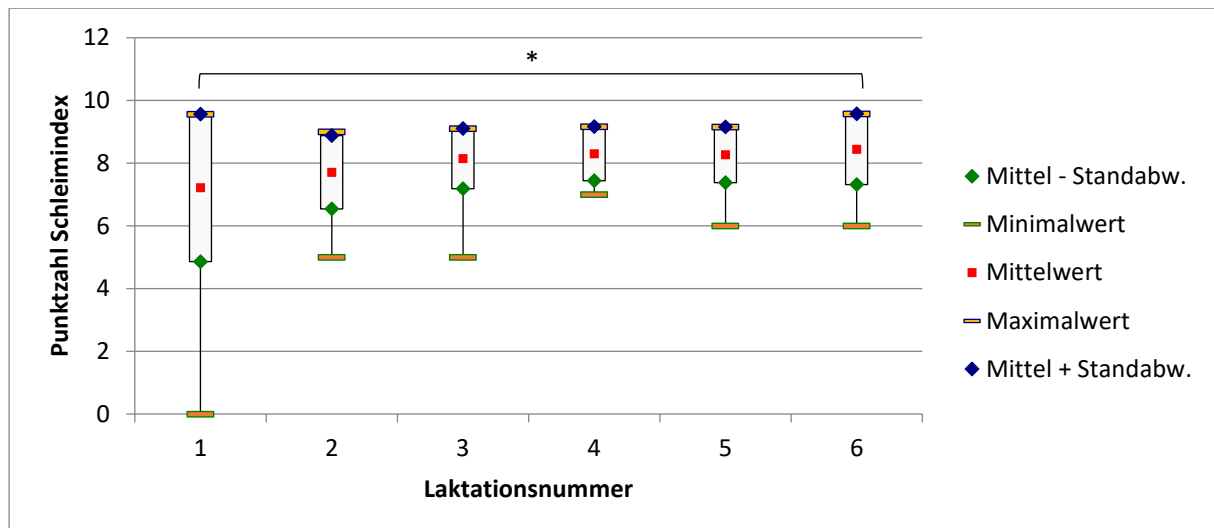


Abbildung 19: Vergleich zwischen der Laktationsnummer und dem Schleimindex (n = 168; P < 0.05; \*die Schleimindexpunktzahl von Kühen in der ersten und der sechsten Laktation unterscheiden sich signifikant).

## 6.10 Einfluss der Rasse

### 6.10.1 Rasse und Follikelfläche

#### 6.10.1.1 Vergleich der Follikelfläche bei der KB in Abhängigkeit von der Rasse

Die Mittelwerte der Follikelflächen betrugen für die jeweilige Rassen Red Holstein (n = 68)  $220.0 \pm 6.9 \text{ mm}^2$ , Holstein Friesian (n = 83)  $237.5 \pm 7.8 \text{ mm}^2$ , Brown Swiss (n = 11)  $210.3 \pm 13.3 \text{ mm}^2$  und Schweizer Fleckvieh (n = 11)  $246.5 \pm 24.6 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der Follikelflächen bei der KB der einzelnen Rassen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

### 6.10.2 Rasse und Gelbkörper

#### 6.10.2.1 Vergleich der Gelbkörperfläche am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit von der Rasse

Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen betrugen für die Rasse Red Holstein (n = 69)  $488.5 \pm 17.5 \text{ mm}^2$ , Holstein Friesian (n = 83)  $490.3 \pm 15.6 \text{ mm}^2$ , Brown Swiss (n = 11)  $467.4 \pm 47.2 \text{ mm}^2$  und Schweizer Fleckvieh (n = 11)  $558.9 \pm 31.1 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 der einzelnen Rassen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

#### 6.10.2.2 Vergleich der Gelbkörperfläche am Tag 32 bis 36 und ab Tag 42 in Abhängigkeit von der Rasse

##### 6.10.2.2.1 Alle Rassen

Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 betrugen für die jeweilige Rasse Red Holstein (n = 36)  $452.2 \pm 17.1 \text{ mm}^2$ , Holstein Friesian (n = 44)  $496.7 \pm 13.5$

mm<sup>2</sup>, Brown Swiss (n = 7) 457.2 ± 36.6 mm<sup>2</sup> und Schweizer Fleckvieh (n = 5) 553.4 ± 34.2 mm<sup>2</sup> und jene der Gelbkörperflächen ab Tag 42 für die Rasse Red Holstein (n = 35) 491.6 ± 17.7 mm<sup>2</sup>, Holstein Friesian (n = 44) 506.3 ± 17.4 mm<sup>2</sup>, Brown Swiss (n = 6) 473.2 ± 71.2 mm<sup>2</sup> und Schweizer Fleckvieh (n = 5) 539.4 ± 56.1 mm<sup>2</sup>. Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen der einzelnen Rassen unterschieden sich am Tag 32 bis 36 knapp nicht signifikant voneinander (P = 0.074) und ab Tag 42 nicht signifikant.

#### 6.10.2.2.2 Red Holstein und Holstein Friesian

Der Mittelwert der Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 betrug für die Rasse Red Holstein (n = 36) 452.2 ± 17.1 mm<sup>2</sup> und für die Rasse Holstein Friesian (n = 44) 496.7 ± 13.5 mm<sup>2</sup> und jener der Gelbkörperflächen ab Tag 42 für die Rasse Red Holstein (n = 35) 491.6 ± 17.7 mm<sup>2</sup> und für die Rasse Holstein Friesian (n = 44) 506.3 ± 17.4 mm<sup>2</sup>. Die Mittelwerte der Gelbkörperflächen am Tag 32 bis 36 der beiden Rassen unterschieden sich signifikant voneinander (P < 0.05; Abb. 20) und ab Tag 42 nicht signifikant.

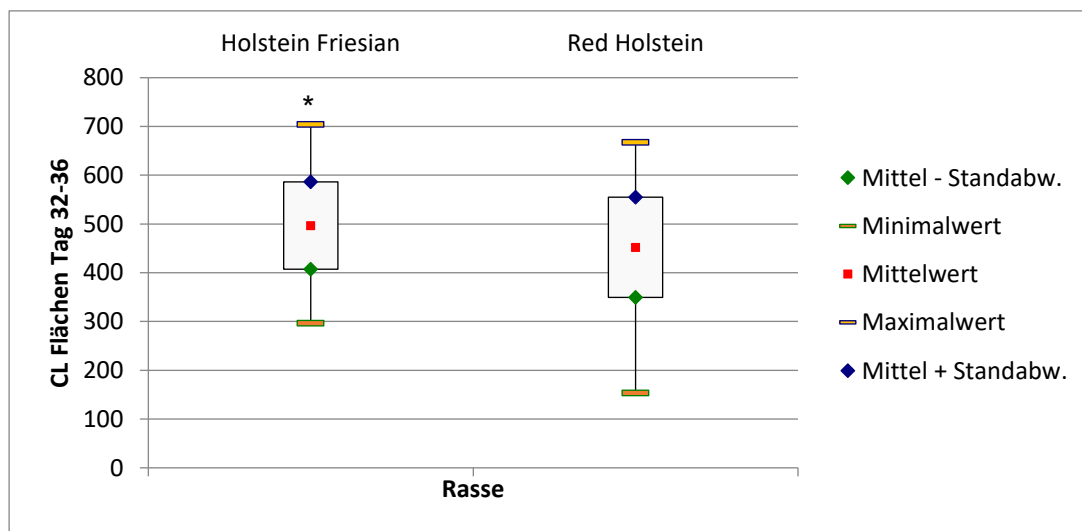


Abbildung 20: Vergleich der Gelbkörperflächen (CL in mm<sup>2</sup>) am Tag 32 bis 36 von Holstein Friesian und Red Holstein Kühen (n = 80; P < 0.05\*).

#### 6.10.3 Rasse und Hohlraum

##### 6.10.3.1 Vergleich der Hohlraumflächen der Gelbkörper am Tag 8 bis 10 in Abhängigkeit zu der Rasse

###### 6.10.3.1.1 Alle Rassen

Bei der einen Berechnung wurden alle Gelbkörper berücksichtigt (n = 175) und dabei allen Gelbkörpern ohne Hohlraum der Wert 0 zugeordnet. Bei der anderen Berechnung wurden nur die Gelbkörper mit einem tatsächlichen Gelbkörper

berücksichtigt (n = 108). Die Mittelwerte der Hohlraumflächen der Gelbkörper mit und ohne Hohlraum betrugen für die jeweilige Rasse Red Holstein (n = 69)  $85.6 \pm 16.2 \text{ mm}^2$ , Holstein Friesian (n = 84)  $85.6 \pm 15.5 \text{ mm}^2$ , Brown Swiss (n = 11)  $55.3 \pm 20.2 \text{ mm}^2$  und Schweizer Fleckvieh (n = 11)  $32.9 \pm 13.0 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der Hohlraumflächen der Gelbkörper mit tatsächlichem Hohlraum betrugen für die jeweilige Rasse Red Holstein (n = 46)  $128.4 \pm 21.7 \text{ mm}^2$ , Holstein Friesian (n = 50)  $143.9 \pm 22.6 \text{ mm}^2$ , Brown Swiss (n = 6)  $101.3 \pm 23.7 \text{ mm}^2$  und Schweizer Fleckvieh (n = 6)  $60.3 \pm 16.9 \text{ mm}^2$ . Die Mittelwerte der Hohlraumflächen der Gelbkörper am Tag 8 bis 10 der einzelnen Rassen unterschieden sich weder bei allen Gelbkörpern noch bei den tatsächlichen Gelbkörpern mit Hohlraum signifikant voneinander.

#### 6.10.3.1.2 Red Holstein und Holstein Friesian

Bei der Berechnung wurden nur die Gelbkörper mit einem tatsächlichen Hohlraum berücksichtigt (n = 96). Die Mittelwerte der Hohlraumflächen der Gelbkörper betrugen für die jeweilige Rasse Red Holstein (n = 46)  $128.4 \pm 21.7 \text{ mm}^2$  und für die Rasse Holstein Friesian (n = 50)  $143.9 \pm 22.6 \text{ mm}^2$ . Die beiden Mittelwerte der Hohlraumflächen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

#### 6.10.4 Rasse und Progesteronkonzentration

##### 6.10.4.1 Vergleich der Rasse in Abhängigkeit zur Progesteronkonzentration bei der KB und am Tag 8 bis 10

Die Mittelwerte der Blutprogesteronkonzentrationen zum Zeitpunkt der KB betrugen bei der Rasse Red Holstein (n = 62)  $0.85 \pm 0.20 \text{ ng/ml}$ , bei Holstein Friesian (n = 82)  $0.84 \pm 0.19 \text{ ng/ml}$ , bei Brown Swiss (n = 10)  $0.76 \pm 0.15 \text{ ng/ml}$  und beim Schweizer Fleckvieh (n = 11)  $0.75 \pm 0.11 \text{ ng/ml}$ . Die Mittelwerte der Blutprogesteronkonzentrationen am Tag 8 bis 10 betrugen bei der Rasse Red Holstein (n = 65)  $8.03 \pm 0.42 \text{ ng/ml}$ , bei Holstein Friesian (n = 84)  $8.13 \pm 0.34 \text{ ng/ml}$ , bei Brown Swiss (n = 11)  $7.59 \pm 1.1 \text{ ng/ml}$  und beim Schweizer Fleckvieh (n = 10)  $9.67 \pm 1.67 \text{ ng/ml}$ . Die Mittelwerte der Progesteronwerte unterschieden sich in den verschiedenen Rassen weder bei der KB noch am Tag 8 bis 10 signifikant voneinander.

#### 6.10.5 Rasse und Zeitraum bis zur KB

#### 6.10.5.1 Vergleich der Rasse in Abhängigkeit zum Zeitraum von der Abkalbung bis zur KB

Die Mittelwerte des Zeitraums zwischen Abkalbung bis zur KB betrugen für die Rasse Red Holstein (n = 69)  $119.3 \pm 8.6$  Tage, Holstein Friesian (n = 84)  $133.4 \pm 7.7$  Tage, Brown Swiss (n = 11)  $113.0 \pm 13.7$  Tage und Schweizer Fleckvieh (n = 11)  $152.1 \pm 23.9$  Tage. Die Mittelwerte der Zeitspanne von der Abkalbung bis zur KB der einzelnen Rassen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

#### 6.10.6 Rasse und Milchleistung

##### 6.10.6.1 Vergleich der Rasse in Abhängigkeit zur Milchleistung

Die Mittelwerte betrugen für die jeweilige Rasse Red Holstein (n = 40)  $8748 \pm 197$  kg Milch, Holstein Friesian (n = 51)  $9002 \pm 305$  kg Milch, Brown Swiss (n = 9)  $8756 \pm 299$  kg Milch und Schweizer Fleckvieh (n = 6)  $8283 \pm 973$  kg Milch. Die Mittelwerte der Milchleistung der einzelnen Rassen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

#### 6.10.7 Rasse und Brunst

##### 6.10.7.1 Vergleich der Rasse in Abhängigkeit zum Brunstschleim- und Brunstindex

Die Mittelwerte der Brunstschleimpunktzahlen resp. Brunstindizes betrugen bei der Rasse Red Holstein (n = 69)  $7.6 \pm 0.2$  Punkte resp.  $45.7 \pm 5.7$  Punkte, Holstein Friesian (n = 84)  $8.0 \pm 0.1$  Punkte resp.  $60.2 \pm 5.8$  Punkte, Brown Swiss (n = 11)  $8.0 \pm 0.3$  Punkte resp.  $53.7 \pm 16.9$  Punkte und Schweizer Fleckvieh (n = 11)  $8.2 \pm 0.3$  Punkte resp.  $17.4 \pm 9.6$  Punkte. Die jeweiligen Mittelwerte unterschieden sich nicht signifikant.

### 6.11 Betriebsvergleiche

Für die Vergleiche wurden Betriebe ausgewählt, welche 10 oder mehr Kühe in der Studie beteiligt hatten. Die Betriebe wurden in Abhängigkeit von den Follikelflächen, den Gelbkörperflächen, den Progesteronkonzentrationen und dem Brunstindex verglichen (Tab. 7). Die Mittelwerte der Progesteronkonzentrationen bei der KB unterschieden sich knapp nicht signifikant voneinander ( $P = 0.078$ ). Auch bei den übrigen Vergleichen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 7: Betriebsvergleiche in Abhängigkeit von den Follikeln, Gelbkörpern, Progesteronkonzentrationen und dem Brunstindex.

| Betrieb | Follikel |                    | Gelbkörper |                    | Progesteron |             | Brunstindex |             |
|---------|----------|--------------------|------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         | [n]      | [mm <sup>2</sup> ] | [n]        | [mm <sup>2</sup> ] | [n]         | [ng/ml]     | [n]         | Punkte      |
| A       | 18       | 219.2 ± 14.4       | 18         | 499.2 ± 30.6       | 15          | 0.59 ± 0.07 | 18          | 26.2 ± 0.07 |
| B       | 10       | 188.3 ± 21.6       | 11         | 465.6 ± 47.4       |             |             | 11          | 53.7 ± 15.3 |
| C       | 35       | 244.3 ± 12.5       | 34         | 480.1 ± 19.6       |             |             | 35          | 55.6 ± 9.4  |
| D       | 10       | 238.2 ± 17.7       | 10         | 563.8 ± 75.6       | 10          | 0.58 ± 0.07 | 10          | 67.8 ± 15.3 |
| E       | 13       | 239.3 ± 16.0       | 13         | 522.5 ± 32.1       | 13          | 0.68 ± 0.08 | 13          | 96.9 ± 12.4 |
| F       | 14       | 217.8 ± 14.4       | 14         | 471.7 ± 27.6       | 14          | 0.65 ± 0.12 | 14          | 54.8 ± 13.8 |
| G       | 23       | 245.4 ± 15.9       | 23         | 478.5 ± 23.9       | 21          | 0.83 ± 0.07 | 23          | 49.4 ± 11.9 |

## 7. Diskussion

### 7.1 Einleitung

Der Besamungserfolg bei Milchkühen wird durch viele Faktoren beeinflusst, wobei bei den ovariellen Ursachen ein verzögerter Eisprung bzw. eine nicht zeitgerechte Besamung zu den häufigsten Ursachen gehören (Sarmiento, 2004), warum eine Kuh nicht trächtig wird. Jedoch sind bisher keine Parameter bekannt, die im Zeitraum nach einer Besamung Hinweise auf eine erfolgreiche Besamung geben. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, Erkenntnisse über die Beziehungen von dominanten Follikeln, Gelbkörpern sowie einer allfälligen Trächtigkeit bei Milchkühen unter Feldbedingungen zu gewinnen. Zudem zielte die Studie auch auf weitere Erkenntnisgewinne über die Gelbkörperhohlräume, so dass die Haupthypothese «Kann durch die Morphologie des ovulationsfähigen Follikels und den daraus entstehenden Gelbkörper eine Aussage auf die Trächtigkeit geäussert werden und welche Rolle nimmt dabei ein Gelbkörper mit Hohlraum ein?» formuliert wurde.

### 7.2 Follikel

Die Follikelflächen korrelierten positiv mit den Gelbkörperflächen während allen drei Gelbkörperuntersuchungszeitpunkten (Tab. 2), wie dies auch schon von einigen anderen Autoren beobachtet werden konnte (Vasconcelos et al., 2001; Perry et al., 2005; Gaebler et al., 2015). Im Gegensatz zu dieser erwarteten Korrelation über Gelbkörpergrössen konnten wir keine Korrelation zwischen der Follikelgrösse und einem allfälligen Hohlraum feststellen (Tab. 3), was mit den früheren Untersuchungen von Vasconcelos et al. (2001) und Lynch et al. (2010) übereinstimmt. Eine Korrelation zwischen Follikelgrösse und Hohlraum konnten hingegen Gaebler et. al. (2015) in ihren Untersuchungen feststellen, demnach grosse präovulatorische Follikel in Gelbkörpern mit Hohlraum resultieren. Anders als in der Studie von Keskin et al. (2016) konnten wir keine Aussage über eine Trächtigkeit anhand der Follikelgrösse äussern (Tab. 4 und 5). In der Studie von Keskin et al. (2016) waren Rinder sowie Kühe eingeschlossen, welche durch ein Synchronisationsprogramm in Brunst gebracht wurden und anschliessend zeitlich terminiert künstlich besamt wurden, das heisst, die präovulatorischen Follikel wurden durch exogene Hormone in ihrer Reifungs- und Dominanzphase beeinflusst. Diese beiden Unterschiede im Studiendesign könnten die unterschiedlichen Ergebnisse von Keskin et al. (2016) und unserer Studie erklären.



Weiter konnte nicht nachgewiesen werden, ob anhand eines Hohlraumes auf ein positives oder negatives Trächtigkeitsergebnis geschlossen werden kann. Beim Vergleich der Trächtigkeitshäufigkeit von Tieren mit Follikelflächen, die gleich  $288 \text{ mm}^2$  oder weniger bzw. grösser als  $288 \text{ mm}^2$  waren, konnte kein Unterschied festgestellt werden. Dieser Grenzwert entsprach jener mittleren Follikelfläche, welche in Gelbkörpern mit Hohlräumen endete. Somit können wir in dieser Hinsicht die Ergebnisse von Kastelic et al. (1990), welche die Trächtigkeitsgelbkörper mit Hohlräumen ultrasonografisch verfolgten und ihnen keine pathologische Funktion zusprachen sowie jene von Perez-Marin (2009), welche zu keinem Zeitpunkt Unterschiede zwischen Gelbkörper mit und Gelbkörper ohne Hohlraum in Abhängigkeit zur Trächtigkeit feststellten, bestätigen. Demgegenüber beobachteten Gaebler et al. (2015), dass Gelbkörper mit Hohlraum aus grösseren präovulatorischen Follikeln entstanden, wobei diese Kühe durch eine intravaginale Spirale in Brunst gebracht wurden. Auch Perez-Marin (2009) konnten dieselben Beobachtungen in ihrer Studie festhalten, wobei diese Kühe nicht hormonell in Brunst gebracht wurden und es nur ein tendenzielles Ergebnis war. Es ist deshalb wohl davon auszugehen, dass im physiologischen Zyklus das Auftreten von Gelbkörperhohlräumen zumindest nicht einzig von der Follikelgrösse abhängt. Perez-Marin (2009) konnten zudem feststellen, dass eine Hohlräumbildung eher bei einer erhöhten Albuminkonzentration im Blut auftrat und schlussfolgerten, dass die Hohlräumbildung unter metabolischem Einfluss stehen könnte.

### 7.3 Gelbkörper und Hohlräume

Die Gelbkörperflächen korrelierten positiv miteinander zwischen allen drei Untersuchungszeitpunkten, jedoch nahmen die Gelbkörper nicht linear an Fläche zu. So konnte ein nicht signifikanter Grössenverlust der Gelbkörperfläche von trächtigen Kühen zum Tag 32 bis 36 von ca. 3.6 % festgestellt werden. Wurden nur die Gelbkörper ohne Hohlraum angesehen, konnte ein signifikanter Flächenverlust vom Tag 8 bis 10 zum Tag 32 bis 36 um 10.4 % festgestellt werden. Eine solche Veränderung einer Grössenabnahme konnte in keiner den Autoren bekannten Studien nachgewiesen werden. Bei Gelbkörpern mit Hohlraum konnte hingegen kein solcher Flächenverlust gesehen werden, wobei die Gelbkörperflächen über alle drei Untersuchungszeitpunkten in etwa gleich gross blieben. Möglicherweise kommt es zu einer Reorganisation der Gelbkörper von trächtigen Kühen. Bei Gelbkörpern mit

Hohlraum könnte es durch das Auffüllen der Hohlräume in der Summe zu keinem Flächenverlust kommen. Demgegenüber könnte eine Ausdehnung der Gelbkörper ohne Hohlraum nach aussen anatomisch nicht möglich sein und die Reorganisation der Gelbkörper führt zu diesem Flächenverlust zum Zeitpunkt 32 bis 36. Eine Reorganisation wurde von Fields et al. (1996) in einem Review beschrieben, in dem die Granula in den grossen Lutealzellen zwischen dem 20. und 30. Trächtigkeitstag durch Exozytose mehrheitlich verschwinden. Dadurch könnten die Lutealzellen an Volumen verlieren.

Total wiesen 62 % aller Gelbkörper am Tag 8 bis 10 einen Hohlraum auf, welche sich im Ultraschall anechogen darstellen liessen, was laut Literatur eher an der oberen Grenze des beschriebenen Hohlraumvorkommens (25 - 75 %) ist (Donaldson et al., 1965; Kito et al., 1986; Pierson et al., 1987; Kastelic et al., 1990; Singh et al., 1997). Diese breite Hohlraumhäufigkeitsverteilung könnte aufgrund der verschieden verwendeten Ultraschallgeräte und der damit verbunden Bildauflösungsqualität erklärt werden, wobei durch eine bessere Bildqualität die Hohlräume sicherer angesprochen werden könnten. Der Untersuchungszeitpunkt 8 bis 10 Tage nach der Besamung wurde gewählt, weil dann die maximale Gelbkörperhohlraumgrösse zu erwarten ist (Kähn, 1989; Perez-Marin, 2009; Siqueira et al., 2009). Werden nur die Gelbkörper von trächtigen Kühen berücksichtigt, wiesen am Tag 8 bis 10 66 %, am Tag 32 bis 36 noch 15 % und ab Tag 42 noch 8 % einen Hohlraum auf, was bedeutet, dass rund 75 % der Hohlräume zwischen dem Tag 8 bis 10 und Tag 32 bis 36 verschwanden. Kähn (1989) stellte bei 36 % aller Gelbkörper um den Tag 9 der Frühträchtigkeit einen Hohlraum fest und Aslan et al. (2003) stellten am Tag 8 bei 28 %, am Tag 28 bei 8 %, am Tag 38 bei 4 % und am Tag 48 bei keinem der Gelbkörper einen Hohlraum fest. Auch Grygar et al. (1997) konnten Hohlräume in den Gelbkörpern nachweisen sowie verfolgen und hielten fest, dass die Hohlräume bis zum Tag 40 der Trächtigkeit ersichtlich sind. Im Vergleich zu diesen Studien, deren Resultate auch von Milchkühen stammen, ist ersichtlich, dass wir doppelt so viele Gelbkörper mit Hohlräumen bei trächtigen Kühen sahen und dass sieben bei der Abschlussuntersuchung ab Tag 42 noch dargestellt werden konnten. In den genannten Studien wiesen die Kühe ungefähr dasselbe Alter auf wie in unserer, aber es ist nichts erwähnt über derer Milchleistung, Haltung und Fütterung. Somit kann nicht eruiert werden, was es für mögliche Effekte gibt, die zu diesen höheren Zahlen an Gelbkörpern mit Hohlräumen geführt haben könnten.

Zudem konnten wir feststellen, dass je mehr Hohlraumfläche in einem Gelbkörper vorhanden war, desto weniger Gelbkörperfläche besass dieser. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu den Resultaten der Studie von Grygar et al. (1997), in welcher keine solche Korrelation festgestellt werden konnte. In der zitierten Studie wurden für die Flächenberechnungen die Hohlräume, wie bei uns, subtrahiert und die Daten von Gelbkörpern mit Hohlräumen stammten von 15 Kühen. Aufgrund der tiefen Fallzahlen der erwähnten Studie muss das Ergebnis mit Vorsicht betrachtet werden. Zusätzlich haben wir festgestellt, dass es keinen Gelbkörperflächenunterschied von trächtigen Kühen zwischen kompakten Gelbkörpern und solchen mit Hohlraum gibt. Bei Grygar et al. (1997) hingegen unterschieden sich die Gelbkörperflächen von trächtigen Kühen zwischen kompakten Gelbkörpern und solchen mit Hohlraum signifikant.

Wird die erhaltene negative Korrelation von Gelbkörperfläche und Hohlraumfläche sowie die positive Korrelation von der Gelbkörpergrösse und der Progesteronkonzentration am Tag 8 bis 10 berücksichtigt, bedeutet dies zudem, dass Gelbkörper mit Hohlraum entsprechend der Hohlraumfläche weniger progesteronproduzierendes Luteingewebe besitzen als kompakte, aber immer noch genügend, um eine Trächtigkeit zu etablieren und aufrecht zu erhalten. Dies ist damit zu begründen, dass es keine Unterschiede zwischen Gelbkörpern mit oder ohne Hohlraum bezüglich der Progesteronkonzentrationen am Tag 8 bis 10 sowie auch keine Unterschiede bezüglich eines positiven resp. negativen Trächtigkeitsergebnisses gab, wie dies auch in der Literatur zu finden ist (Okuda et al., 1988; Kastelic et al., 1990; Veronesi et al., 2002). Diese positive Korrelation von Gelbkörpergrösse und Progesteronkonzentration am Tag 8 bis 10 zeigt, dass grössere Gelbkörper mehr Progesteron produzieren können, wie dies auch andere Autoren in ihren Untersuchungen festgestellt haben (Kastelic et al., 1990; Tom et al., 1998; Kayacik et al., 2006; Perez-Marin, 2009; Siqueira et al., 2009).

Bezüglich der Lokalisation der Gelbkörper auf dem rechten (62 %) oder linken (38 %) Ovar konnten keine Unterschiede bei den daraus entstehenden Trächtigkeiten festgestellt werden, so wie dies auch in der Studie von Townson et al. (2002) der Fall war. Die höhere Follikelaktivität auf dem rechten Ovar und die Unabhängigkeit für eine Trächtigkeit wurde auch von anderen Autoren beschrieben (Rajakoski, 1960; Pierson et al., 1987).

Im Gegensatz zu den Follikelflächen am Tag der Besamung konnte eine schwache, positive Korrelation zwischen dem Brunstindex und den Gelbkörperflächen am Tag 8

bis 10 berechnet werden, nicht aber an den Tagen 32 bis 36 und ab Tag 42. Eine hohe Brunstindexpunktzahl konnte erzielt werden, wenn die Kühe aufspringen wollten (35 Punkte) oder wenn sie gestanden sind (100 Punkte), im Vergleich zu den tiefer gewichteten Symptomen wie der beobachteten Unruhe (5 Punkte), dem vaginalen Brunstschleim oder dem temporären Milchrückgang (je 3 Punkte). Diese positive Korrelation könnte durch die Ergebnisse von Keskin et al. (2016) erklärt werden, welche feststellten, dass grössere Follikel zu grösseren Gelbkörpern führen und grössere Follikel mehr Östrogen produzieren (Lopes et al., 2007), was schlussendlich zu mehr Brunstanzeichen führen könnte (Bernardi et al., 2016). In der vorliegenden Studie konnte diese positive Grössenkorrelation von Follikeln und Gelbkörpern auch nachgewiesen werden. Dazu kommt noch die starke Subjektivität der Brunsterkennung, so dass das signifikante Korrelationsergebnis zwischen dem Brunstindex und der Gelbkörperfläche vorsichtig beurteilt werden muss. Die gegebene Individualität der Brunstbeobachtung der Landwirte könnte durch eine vorgängige Erläuterung und Vorgaben zur Brunstbeobachtung verbessert werden, um dadurch aussagekräftigere Resultate zu erhalten. Es bestand keine Beziehung der Gelbkörperhohlräume mit dem Brunstindex sowie dem Schleimindex, was bedeuten könnte, dass die hormonellen Gegebenheiten im Östrus vermutlich keinen Einfluss auf die Bildung eines Hohlraumes haben, jedoch aber auf die Gelbkörpergrösse, da eine schwach positive Korrelation bestand.

## 7.4 Progesteron

Bei der Interpretation der Progesteronkonzentrationen ist zu beachten, dass diese aus einer einzelnen Probe pro Tier zum Zeitpunkt der KB sowie am Tag 8 bis 10 stammten und dadurch wurde nur diese eine Momentaufnahme eines biologisch aktiven Organismus widerspiegelt. Zudem gilt zu beachten, dass die Progesteronkonzentrationen je nach Testart und -durchführung durch ihre unterschiedlichen Sensitivitäten und Spezifitäten abhängig sind und dass Erythrozyten von Kühen Progesteron in heparinisierten Blut metabolisieren können, abhängig von der Temperatur und der Zeitdauer bis zur Zentrifugation (Kaneko et al., 2008). Nichtsdestotrotz stellt die Progesteronbestimmung gegenwärtig den Goldstandard zur Funktionalität der Gelbkörper dar (Tom et al., 1998).

Die gemessenen Progesteronkonzentrationen bei der KB korrelierten mit der Gelbkörpergrösse weder am Tag 8 bis 10 noch am Tag 32 bis 36 noch ab Tag 42. Das

bedeutet, dass die Progesteronkonzentration bei der KB keine Aussage auf die Gelbkörpergrößen zu lässt, wie das auch bereits für die Follikelgröße festgestellt werden konnte. Jedoch korrelierten die Progesteronkonzentration bei der KB und die Hohlraumfläche am Tag 8 bis 10 schwach negativ miteinander, das heisst, je höher die Progesteronkonzentration bei der KB ist, desto kleiner ist die Hohlraumfläche. Veronesi et al. (2002) hingegen konnten keine signifikante Korrelation zwischen einem Hohlraum und der Progesteronkonzentration feststellen, jedoch wurde dort die Progesteronkonzentration irgendwann im Zyklus bestimmt, da die Kühe zufällig im Zyklus untersucht wurden. Diese erhaltene schwache, negative Korrelation der Progesteronkonzentration bei der KB und den Hohlräumen am Tag 8 bis 10 kann nicht wissenschaftlich basiert erklärt werden. Gründe für eine erhöhte Progesteronkonzentration bei der KB können sein, ein unvollständiger lytischer und somit noch aktiver Gelbkörper vom vorangegangenen Zyklus (Wiltbank et al., 2018) oder aufgrund erhöhtem Stress kann aus der Nebennierenrinde Progesteron sezerniert werden (Hollenstein et al., 2006). Ausserdem könnte eine negative Energiebilanz der Milchkuh, vor allem in der Hochlaktation, zu einer vermehrten Freisetzung von im Depotfett gespeichertem Progesteron führen (Lüttgenau et al., 2016b; Wiltbank et al., 2018). Nicht aber unterschieden sich die Progesteronkonzentrationen bei der KB bezogen auf ein positives resp. negatives Trächtigkeitsergebnis. Auch gab es keinen Unterschied in den Trächtigkeitsraten bei Tieren mit einer Progesteronkonzentration grösser oder kleiner 0.5 ng/ml. Hingegen konnte Souza et al. (2007) festhalten, dass bei Synchronisationsprogrammen die Trächtigkeitswahrscheinlichkeit bei höheren Progesteronkonzentrationen bei der KB von über 0.5 ng/ml sinkt. Diese Studie erzielte ihre Ergebnisse von laktierenden Kühen, welche im Gegensatz zu unseren Studienkühen durch ein Synchronisationsprogramm unter Verwendung von Progesteron in Brunst gebracht wurden. Im Mittel lag die Progesteronkonzentration bei der KB in unserer Studie bei 0.68 ng/ml, was deutlich über dem Grenzwert 0.5 ng/ml von Souza et al. (2007) liegt, ab welchem die Trächtigkeitsrate nach ihrer Definition ungenügend ist. Zieht man die erzielte Trächtigkeitsrate unserer Studie von 51 % sowie den embryonalen Verlust von 1.7 % ab Tag 42 heran und vergleicht diese mit dem Review von Santos et al. (2004) sowie der Arbeit von Gaja et al. (2018) ist ersichtlich, dass die beiden Werte den zu erwartenden Raten bei Milchkühen mit spontanem Östrus und Ovulation entsprechen. Ein Grund für die höhere Progesteronkonzentration bei der KB könnte möglicherweise

an der Probenverarbeitung oder dem Test mit seiner analytischen Sensitivität oder den Intra- und Inter-Assay Variationskoeffizienten liegen. Zudem kann eine vorliegende Hämolyse das Testergebnis verfälschen (Reimers et al., 1991).

Bei Vergleichen der Betriebe mit mehr als 10 Kühen konnten keine signifikanten Unterschiede bezogen auf die Follikelfläche, auf die Gelbkörperfläche oder auf die Brunstindizes berechnet werden, jedoch einen tendenziellen Unterschied der Betriebe bei den Progesteronkonzentrationen am Tag der KB ( $P = 0.078$ ). Dies könnte auf die unterschiedlichen Fütterungen und damit verbundenen Energie- und Stoffwechsellagen der Kühe in den Betrieben in dieser Feldstudie hindeuten. Wie bereits erörtert, haben die Fütterung und Energie- bzw. Stoffwechsellage direkten Einfluss auf die Blutprogesteronkonzentration (Wiltbank et al., 2006; Lüttgenau et al., 2016b).

## 7.5 Jahreszeit

Bei den Berechnungen über den Einfluss der Jahreszeit, wie dies von Keskin et al. (2016) mit den beiden Gruppen «warm» mit den Monaten Juni, Juli, August und «kalt» mit den restlichen Monaten getan hatten, waren bei uns die kalten Monate mit 147 Besamungen stark übervertreten im Vergleich mit den 29 Besamungen in den warmen Monaten. Deshalb haben wir die Besamungen zusätzlich den vier Jahreszeiten zugeordnet, um ausgeglichene Gruppen und dadurch statistisch genauere und präzisere Ergebnisse zu erhalten. Nach unseren Ergebnissen hat die Jahreszeit keinen Einfluss auf die Follikelgrösse, auf den Hohlraum der Gelbkörper, auf die Trächtigkeit und auf die Progesteronkonzentration. Aslan et al. (2003) dagegen stellten einen jahreszeitlichen Unterschied der Gelbkörpergrösse und der Progesteronkonzentration, welche jeweils im Frühling/Sommer grösser waren als im Herbst/Winter, fest. Diese Untersuchungen wurden mit Kühen durchgeführt, welche auch spontan in Brunst kamen, in Österreich, wo in etwa dieselben klimatischen Bedingungen durchs Jahr herrschen wie in der vorliegenden Studie. Diesem Resultat von Aslan et al. (2003) widersprechen die Ergebnisse von Lopes et al. (2007), welche im Sommer tiefere Konzentrationen von Östrogen und Progesteron feststellten. Zudem konnten sie zeigen, dass die Jahreszeit keinen Einfluss auf die Trächtigkeitsrate hat, wobei diese Untersuchungen in New York State, USA stattfanden, wo im Winter und Sommer extremere klimatische Bedingungen herrschen als in Mitteleuropa und diese Kühe mit einem Synchronisationsprogramm in Brunst gebracht sowie anschliessend

zeitlich terminiert künstlich besamt wurden. Wiederum andere Ergebnisse über den Einfluss der Jahreszeit erhielten Sartori et al. (2002), welche die Untersuchungen in Wisconsin, USA mit ähnlichem Klima wie in New York State mit Kühen sowie Rindern durchführten, welche in der warmen Periode aufgrund dem Hitzestress tiefere Trächtigkeitsraten feststellten. Hitzestress kann bei Kühen ab einer Umgebungstemperatur von 25 bis 27 °C auftreten (Kadzere et al., 2002).

In unserer Untersuchung konnten wir einen Einfluss der Jahreszeiten beim Vergleich der Brunstindizes nachweisen. Dabei fiel der Brunstindex im Frühling ( $26.6 \pm 6.3$  Punkte) geringer aus als in den restlichen Monaten ( $P < 0.01$ ). Dieses Ergebnis bedeutet, dass im Frühling die Brunstsymptome weniger eindeutig (Aufspringen, stehende Brunst) beobachtet werden konnten. Der Brunstindex beruht auf einer retrospektiven Summierung von beobachteten Brunstsymptomen, gewichtet nach einer modifizierten Vorlage von Van Eerdenburg et al. (1996). Der Brunstindex unterliegt einem hohen Anteil an Individualität, da er von 21 verschiedenen Landwirten erhoben wurde, welche unterschiedlich oft eine Brunstbeobachtung durchführten, was nicht genauer erhoben wurde. Zudem wurden die Kühe unterschiedlich gehalten, 36 % der Versuchskühe befanden sich in Anbindehaltung und 64 % in Freilaufhaltung, was sich auch auf die Brunstäusserung der Kühe auswirkt (Orihuela, 2000; Palmer et al., 2010). So kann im Gegensatz zur Freilaufhaltung in der Anbindehaltung keine «stehende Brunst» gesehen werden. Ein Grund für die tiefere Brunsterkennung im Frühling könnte sein, dass die Weidesaison erst Anfang bis Mitte April beginnt und so der positive Effekt der Lichteinwirkung zu Beginn noch fehlt (Orihuela, 2000). Auch sind die Landwirte im Frühling mit vermehrter Feldarbeit beschäftigt und so nur zu den Melkzeiten im Stall sind, bei welchen keine zuverlässige Brunstbeobachtung vorgenommen werden kann (Nebel et al., 1994; Van Eerdenburg et al., 2002; Lüttgenau et al., 2016a).

Zudem konnten wir feststellen, dass im Herbst die Gelbkörper am Tag 8 bis 10 signifikant grösser waren als in den restlichen drei Jahreszeiten. Dies steht wieder im Gegensatz zu den bereits erwähnten Resultaten von Aslan et al. (2003), die grössere Gelbkörper im Sommer/Frühling feststellten. Sie diskutierten ihren jahreszeitlich festgestellten Unterschied mit den Studien von McNatty et al. (1984) und Howell et al. (1994), welche beide keinen jahreszeitlichen Unterschied feststellen konnten. Aslan et al. (2003) vermuteten, dass aufgrund topografisch geschuldeten Temperaturunterschieden solche Inkonsistenzen bei Jahreszeitenvergleiche auftreten

können. Wir konnten zudem feststellen, dass aus grösseren Follikeln grössere Gelbkörper entstehen. Allerdings waren die Follikelflächen in den vier Jahreszeiten nicht unterschiedlich gross. Diese Erkenntnis von grösseren Gelbkörperflächen am Tag 8 bis 10 im Herbst könnte aufgrund der Befunde von Keskin et al. (2016) erklärt werden, welche grössere Follikel in der kalten Periode sahen im Vergleich mit der warmen Periode, was bei unseren Ergebnissen jedoch nicht der Fall war. Follikel, die Hitzestress ausgesetzt waren, resultieren in grösseren präovulatorischen Follikel und dieser Hitzestress kann irgendwann in der Entwicklungsdauer der Follikel von ca. 40 bis 50 Tage gewesen sein (Roth et al., 2001b). Dieser Umstand von grösseren Follikeln wegen Hitzestress hat De Rensis et al. (2003) auch festgestellt und begründete dies aufgrund einer verlängerten Dominanzphase der Follikel. Grössere Follikel treten nach Ginther et al. (1989a) vermehrt in zweiwelligen als dreiwelligen Follikelentwicklungen auf, welche bei der Ovulation ca. 3.5 Tage älter sind. Bleach et al. (2004) und Savio et al. (1988) zeigten in ihren Studien, dass hochleistende Kühe eher zweiwellige Follikelentwicklungen haben im Vergleich mit Rindern und Keskin et al. (2016) stellten fest, dass je höher die Milchleistung ist, desto grösser ist der präovulatorische Follikel, was in unserer Studie nicht festgestellt werden konnte und deshalb bleibt die Ursache der grösseren Gelbkörper im Herbst unklar.

## 7.6 Schleimindex

In der Literatur konnte kein Index gefunden werden, der die Eigenschaften des Brunstschleims beschreibt. Deshalb wurde für unsere Studie ein solcher Index aufgrund der bekannten Eigenschaften des Brunstschleims einer besamungsfähigen Kuh definiert (Van Vliet et al., 1996; Orihuela, 2000; Van Eerdenburg et al., 2002; Sheldon et al., 2009; Bernardi et al., 2016).. Beim Vergleich des Schleimindex in den verschiedenen Laktationen unterschieden sich die mittlere Punktzahl in der ersten und sechsten Laktation signifikant. Butler et al. (2004) zeigten in ihren Untersuchungen, dass bei erhöhter Insulinkonzentration im Blut die Östrogenproduktion des dominanten Follikels steigt, was möglicherweise in einer höheren Punktzahl des Schleimindex resultieren könnte. Kühe in höheren Laktationen erbringen eher höhere Milchleistungen und weisen daher eher ein erhöhtes Risiko für eine negative Energiebilanz auf (Diskin et al., 2003). Dabei wäre die Insulinkonzentration tiefer und entsprechend auch die Östrogenproduktion. Unser entgegengesetztes Ergebnis könnte aufgrund eines Konfundierungseffektes entstanden sein, was heissen soll,



dass Landwirte Kühe mit schlechter Fruchtbarkeit eher ausmerzen und damit die älteren Kühe vor allem jene sind, welche eine bessere Fruchtbarkeit aufweisen. Zudem hatten die Kühe mit einer Progesteronkonzentration über 0.5 ng/ml bei der KB einen höheren Schleimindex als die Tiere mit einer tieferen Konzentration. Da die Östrogenkonzentration nicht bestimmt wurde, bleibt die Ursache dafür unklar, da das Progesteron keine Auswirkung auf den Brunstscheidenschleim hat (Bernardi et al., 2016).

## 7.7 Zeitspanne bis zur KB und Milchleistung

Die Zeitspanne von der Abkalbung bis zur Besamung hat in dieser Studie keinen Einfluss auf den Schleimindex, die Progesteronkonzentration, die Follikelflächen, die Gelbkörperflächen, die Hohlräumen und die Jahreszeit. Echternkamp et al. (2009) konnte auch keinen Einfluss von der Zeitspanne der Abkalbung bis zur Besamung und der Follikelgrösse feststellen. Jedoch beeinflusste in unserer Studie die Zeit von der Abkalbung bis zur KB die Trächtigkeit ab Tag 42 signifikant. Je länger die Zeitdauer ist, desto eher werden die Kühe nicht trächtig. Die Kühe mit einer längeren Zeitdauer, wurden auch mehrere Male zuvor besamt. Andere Gründe für die Infertilität können vielschichtig sein, sind aber in diesen Fällen möglicherweise eher von infektiöser Natur, da sich diese Kühe nicht mehr in der Hochlaktation befinden und entsprechend keine negative Energiebilanz mehr haben sollten und zudem ist das Puerperium mit all seinen möglichen Erkrankungen schon längst überschritten (Sheldon, 2004). Diese Vermutung lässt sich jedoch nicht durch das Resultat dieser Studie stützen, da die Milchleistung knapp keinen signifikanten Einfluss auf die Trächtigkeit hat. Wie aber aus anderen Studien hervorgeht, ist anzunehmen, dass die Milchleistung doch einen Einfluss auf die Trächtigkeitswahrscheinlichkeit hat (Vasconcelos et al., 2001; Wiltbank et al., 2006; Keskin et al., 2016). Die Milchleistung korrelierte hingegen mit dem Brunstindex positiv, was bedeutet, dass eine Kuh mit höherer Milchleistung eine höhere Punktzahl im Brunstindex erreichen kann. Dieses Ergebnis ist entgegen dem zu Erwartendem, denn Kühe mit hoher Milchleistung zeigen die Brunstsymptome eher weniger (Lopez et al., 2004; Diskin et al., 2008). Dieses erhaltene Resultat ist vermutlich durch die bessere Überwachung von hochleistenden Kühen zu erklären und dem bereits beschriebenen Konfundierungseffekt bezüglich der Selektion nach Fertilität in einer Milchviehherde.

## 7.8 Rassenabhängigkeit

Keskin et al. (2016) konnten feststellen, dass die Follikelgrösse zwischen Holstein Friesian und Schwedisch Rotbunten rassenabhängig ist. In unserer Studie konnten wir keine Rassenspezifität bezüglich der Follikelgrössen sehen, weder beim Vergleich aller Rassen von Red Holstein, Holstein Friesian, Brown Swiss und Schweizer Fleckvieh, noch beim Vergleich der beiden Rassen Red Holstein und Holstein Friesian. Die Kühe wurden bei Keskin et al. (2016) nach einem Synchronisationsprogramm zeitlich terminiert zur KB vorgestellt im Gegensatz zu unseren Tieren, welche mehrheitlich (93 %) nach dem Auftreten von beobachteten Brunstsymptomen besamt wurden. Bei einer Brunstsynchronisation mit einer zeitlich terminierten Besamung kann es vorkommen, dass nicht alle Follikel gleich schnell zur Ovulationsfähigkeit heranreifen, was einerseits individuell verschieden ist (Austin et al., 1999) und andererseits von der Anzahl an Follikelwellen abhängt (Ginther et al., 1989b; Bleach et al., 2004; Bridges et al., 2010). Verglichen wir aber die Gelbkörpergrössen am Tag 32 bis 36 bei allen vier Rassen, konnten wir einen tendenziellen Unterschied feststellen ( $P = 0.074$ ) und beim Vergleich der beiden Rassen Red Holstein ( $452.2 \pm 17.1 \text{ mm}^2$ ) und Holstein Friesian ( $496.7 \pm 13.5 \text{ mm}^2$ ) konnten wir einen signifikanten Unterschied beobachten ( $P < 0.05$ ). Dieser Unterschied in der Grösse war aber nur zu diesem Zeitpunkt signifikant verschieden, zu den beiden anderen Zeitpunkten Tag 8 bis 10 und ab Tag 42 konnte kein signifikanter Unterschied berechnet werden. Berücksichtigt man die Untersuchungen von Keskin et al. (2016) bezüglich der Rassenabhängigkeit der Follikel und unseren Befund über die Rasseabhängigkeit der Gelbkörper, stellt sich die Frage, inwiefern die Follikel- und somit auch die Gelbkörpergrössen genetisch verankert sind. Die Frage nach einer genetischen Verankerung der Follikelentstehung und somit einem wesentlichen Teil der Fruchtbarkeit stellten sich Townson et al. (2002) bereits, als sie feststellten, dass Kühe mit drei Follikelwellen eine höhere Fruchtbarkeit aufwiesen als solche mit zwei Wellen.

## 7.9 Schlussfolgerungen

Die Haupteergebnisse zur Überprüfung dieser Fragestellung belegen, dass durch die Follikelgrösse bei der KB und/oder der Gelbkörpergrösse am Tag 8 bis 10 und/oder einem möglichen Hohlraum am Tag 8 bis 10 weder auf eine erfolgreiche Trächtigkeit noch umgekehrt von einer positiven Trächtigkeit auf die vorangegangenen Funktionskörper bei Milchkühen mit spontanen Ovulationen unter Feldbedingungen zu

schliessen ist. Es bleiben Ungewissheiten bei Milchkühen über die Bildung von Hohlräumen in Gelbkörpern und derer Verbindungen zu vorangegangenen Funktionskörper bestehen. Durch die Berechnung multipler Regressionen lässt sich äussern, dass die Hohlraumfläche der Gelbkörper nur mit der Gelbkörpergrösse korreliert. Die Gelbkörperfläche am Tag 8 bis 10 korreliert zudem als einziger Faktor mit der Progesteronkonzentration am Tag 8 bis 10. Den beobachteten tendenziellen Grössenverlust der Gelbkörperflächen um die Tage 32 bis 36 in der Trächtigkeit trotz des Verschwindens von 75 % der Hohlräume lässt Vermutungen über stattfindende Prozesse im Gelbkörper in der Frühträchtigkeit offen. Zumal die Gelbkörper ohne Hohlraum im Gegensatz zu Gelbkörper mit Hohlraum zum Tag 32 bis 36 hin signifikant an Fläche verlieren. Weiter konnten wir festhalten, dass die Gelbkörperhohlräume während der Trächtigkeit verschwinden bei gleichbleibendem Gelbkörpergewebefläche. Durch den Vergleich mit dem signifikanten Flächenverlust der kompakten Gelbkörper zum Tag 32 bis 36 wird vermutet, dass der fehlende Flächenverlust von Gelbkörper mit Hohlraum durch das Auffüllen des Hohlraumes zustande kommen könnte und so möglicherweise den tatsächlichen Flächenverlust ausgleicht. Zudem konnte festgestellt werden, dass der Gelbkörperhohlraum keinen Einfluss auf die Progesteronkonzentration im Diöstrus resp. in der Frühträchtigkeit hat. Auch konnten wir aufzeigen, dass die Hohlraumbildung durch die vorangegangenen Follikel und die damit verbundenen hormonellen Gegebenheiten im Östrus nicht beeinflusst wird. Zudem bleibt die Tatsache ungewiss, warum im Herbst signifikant grössere Gelbkörperflächen beobachtet wurden.

Die Rassenabhängigkeit von den Gelbkörpergrössen zwischen Red Holstein und Holstein Friesian wirft die Frage nach einer genetischen Verankerung auf, wie beispielsweise nach der Anzahl Follikelwellen pro Zyklus. Diese Erkenntnis könnte für eine züchterische Verbesserung der Fruchtbarkeit bei hochleistenden Milchkühen von Bedeutung sein.

## 8. Literaturverzeichnis

Adams, G. (1999). "Comparative patterns of follicle development and selection in ruminants." *Journal of Reproduction and Fertility Supplement*: 17-32.

Araujo, R. R., O. Ginther, J. C. Ferreira, M. M. Palhão, M. A. Beg and M. C. Wiltbank (2009). "Role of follicular estradiol-17beta in timing of luteolysis in heifers." *Biology of Reproduction* 81(2): 426-437.

Aslan, S., J. Handler and K. Arbeiter (2003). "Gelbkörpergrösse, Progesteron-, Vitamin E- und beta-Carotin-Gehalt bei graviden Kühen." *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 50: 195-201.

Austin, E., M. Mihm, A. Evans, J. Ireland, J. Ireland and J. Roche (2002). "Effects of oestradiol and progesterone on secretion of gonadotrophins and health of first wave follicles during the oestrous cycle of beef heifers." *Reproduction* 124(4): 531-541.

Austin, E., M. Mihm, M. Ryan, D. Williams and J. Roche (1999). "Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers." *Journal of Animal Science* 77(8): 2219-2226.

Bage, R., M. Forsberg, H. Gustafsson, B. Larsson and H. Rodriguez-Martinez (2000). "Effect of ACTH-challenge on progesterone and cortisol levels in ovariectomised repeat breeder heifers." *Animal Reproduction Science* 63(1-2): 65-76.

Balogh, O. G., E. Tury, Z. Abonyi-Toth, J. Kastelic and G. Gabor (2014). "Macroscopic and histological characteristics of fluid-filled ovarian structures in dairy cows." *Acta Veterinaria Hungarica* 62(2): 215-232.

Bao, B., H. Allen Garverick, G. W. Smith, M. F. Smith, B. E. Salfen and R. S. Youngquist (1997). "Changes in messenger ribonucleic acid encoding luteinizing hormone receptor, cytochrome P450-side chain cleavage, and aromatase are associated with recruitment and selection of bovine ovarian follicles." *Biology of Reproduction* 56(5): 1158-1168.

Beam, S. W. and W. R. Butler (1999). "Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows." *Bioscientifica Proceedings* 54: 411-424.

Bell, M., E. Wall, G. Russell, G. Simm and A. Stott (2011). "The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems." *Journal of Dairy Science* 94(7): 3662-3678.

Beltman, M. E., P. Lonergan, M. Diskin, J. Roche and M. Crowe (2009). "Effect of progesterone supplementation in the first week post conception on embryo survival in beef heifers." *Theriogenology* 71(7): 1173-1179.

Berisha, B. and D. Schams (2005). "Ovarian function in ruminants." *Domestic Animal Endocrinology* 29(2): 305-317.

Bernardi, S., A. Rinaudo and P. Marini (2016). "Cervical mucus characteristics and hormonal status at insemination of Holstein cows." *Iranian Journal of Veterinary Research* 17(1): 45.

Bleach, E. C., R. G. Glencross and P. G. Knight (2004). "Association between ovarian follicle development and pregnancy rates in dairy cows undergoing spontaneous oestrous cycles." *Reproduction* 127(5): 621-629.

Bollwein, H., H. Meyer, J. Maierl, F. Weber, U. Baumgartner and R. Stolla (2000). "Transrectal Doppler sonography of uterine blood flow in cows during the estrous cycle." *Theriogenology* 53(8): 1541-1552.

Boos, A. (1988). "Enzyme histochemistry of bovine luteinized follicular cysts and corpora lutea of estrous cycle." *Reproduction in Domestic Animals* 23(2): 65-77.

Bridges, G. A., M. L. Mussard, C. R. Burke and M. L. Day (2010). "Influence of the length of proestrus on fertility and endocrine function in female cattle." *Animal Reproduction Science* 117(3-4): 208-215.

Butler, S. T., S. H. Pelton and W. R. Butler (2004). "Insulin increases 17 beta-estradiol production by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in dairy cows." *Reproduction* 127(5): 537-545.

Davis, J. S., L. L. Weakland, D. A. Weiland, R. V. Farese and L. A. West (1987). "Prostaglandin F<sub>2</sub> alpha stimulates phosphatidylinositol 4, 5-bisphosphate hydrolysis and mobilizes intracellular Ca<sup>2+</sup> in bovine luteal cells." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 84(11): 3728-3732.

De Rensis, F. and R. J. Scaramuzzi (2003). "Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review." *Theriogenology* 60(6): 1139-1151.

Dekkers, J. C. and F. Hospital (2002). "The use of molecular genetics in the improvement of agricultural populations." *Nature Reviews Genetics* 3(1): 22-32.

Diskin, M., D. Mackey, J. Roche and J. Sreenan (2003). "Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle." *Animal Reproduction Science* 78(3-4): 345-370.

Diskin, M. G. and D. G. Morris (2008). "Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants." *Reproduction in Domestic Animals* 43: 260-267.

Donaldson, L. and W. Hansel (1965). "Histological Study of Bovine Corpora Lutea." *Journal of Dairy Science* 48(7): 905-909.

Echternkamp, S. E., R. A. Cushman and M. F. Allan (2009). "Size of ovulatory follicles in cattle expressing multiple ovulations naturally and its influence on corpus luteum development and fertility." *Journal of Animal Science* 87(11): 3556-3568.

Evans, A. (2003). "Characteristics of ovarian follicle development in domestic animals." *Reproduction in Domestic Animals* 38(4): 240-246.

Fields, M. and P. Fields (1996). "Morphological characteristics of the bovine corpus luteum during the estrous cycle and pregnancy." *Theriogenology* 45(7): 1295-1325.

Forde, N., M. E. Beltman, G. Duffy, P. Duffy, J. Mehta, P. O'Gaora, J. Roche, P. Lonergan and M. Crowe (2011). "Changes in the endometrial transcriptome during the bovine estrous cycle: effect of low circulating progesterone and consequences for conceptus elongation." *Biology of Reproduction* 84(2): 266-278.

Fortune, J., G. Rivera, A. Evans and A. Turzillo (2001). "Differentiation of dominant versus subordinate follicles in cattle." *Biology of Reproduction* 65(3): 648-654.

Gaebler, E., U. Eigenmann, R. Bruckmaier and U. Bleul (2015). "Fate of follicular ovarian cysts in early postpartum dairy cows treated with PRID/PGF or PRID/PGF plus eCG." *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere - Nutztiere* 43(6): 331-339.

Gaja, A., S. Al-Dahash, G. Raju, C. Kubota, T. Kojima and I. Hatazoe (2018). "Efficiency of measuring corpus luteum cross-sectional areas by ultrasonography for detecting early pregnancy in cattle." *Animal Reproduction* 10(2): 75-78.

Gaja, A., C. Kubota and T. Kojima (2009). "Early pregnancy diagnosis in Japanese black cows using a novel transrectal ultrasonography protocol." *Veterinary Record* 164: 659-660.

Garcia, A. and M. Salaheddine (2000). "Ultrasonic morphology of the corpora lutea and central luteal cavities during selection of recipients for embryo transfer." *Reproduction in Domestic Animals* 35(3-4): 113-118.

Gehrke, M. and J. Zbylut (2011). "Factors connected with pregnancy loss in dairy cows." *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 55: 457-464.

Geisert, R., G. Morgan, E. Short and M. Zavy (1992). "Endocrine events associated with endometrial function and conceptus development in cattle." *Reproduction, Fertility and Development* 4(3): 301-305.

Ginther, O. (2000). "Selection of the dominant follicle in cattle and horses." *Animal Reproduction Science* 60: 61-79.

Ginther, O., M. Beg, F. Donadeu and D. Bergfelt (2003). "Mechanism of follicle deviation in monovular farm species." *Animal Reproduction Science* 78(3-4): 239-257.

Ginther, O., D. Bergfelt, M. Beg and K. Kot (2001). "Follicle selection in cattle: role of luteinizing hormone." *Biology of Reproduction* 64(1): 197-205.

Ginther, O., J. Kastelic and L. Knopf (1989a). "Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle." *Animal Reproduction Science* 20(3): 187-200.

Ginther, O., L. Knopf and J. Kastelic (1989b). "Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves." *Reproduction* 87(1): 223-230.

Ginther, O., K. Kot, L. Kulick, S. Martin and M. Wiltbank (1996). "Relationships between FSH and ovarian follicular waves during the last six months of pregnancy in cattle." *Reproduction* 108(2): 271-279.

Grunert, E. (1969). "Corpus luteum cysts in cows and their significance as sterility factor." *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 76(23): 668.

Grunert, E. (1999). Sexualzyklus. In: *Fertilitätsstörungen beim weiblichen Rind*, 3. Auflage. Hrsg. E. Grunert, A. de Kruif. Parey Buch Verlag, Berlin: 3-12.

Grygar, I., E. Kudláč, R. Doležel and J. Nedbálková (1997). "Volume of luteal tissue and concentration of serum progesterone in cows bearing homogeneous corpus luteum or corpus luteum with cavity." *Animal Reproduction Science* 49(2-3): 77-82.

Hansel, W., P. Concannon and J. Lukaszewska (1973). "Corpora lutea of the large domestic animals." *Biology of Reproduction* 8(2): 222-245.

Herzog, K., M. Brockhan-Ludemann, M. Kaske, N. Beindorff, V. Paul, H. Niemann and H. Bollwein (2010). "Luteal blood flow is a more appropriate indicator for luteal function during the bovine estrous cycle than luteal size." *Theriogenology* 73(5): 691-697.

Hollenstein, K., F. Janett, U. Bleul, M. Hässig, W. Kähn and R. Thun (2006). "Influence of estradiol on adrenal activity in ovariectomized cows during acute stress." *Animal Reproduction Science* 93(3-4): 292-302.

Horstmann, G., R. Schwarz and K. Neurand (1973a). "Die Corpus-luteum-Zyste des Rindes Mikromorphologie und Diskussion ihrer Entstehung." *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A* 20(4): 292-304.

Horstmann, G., R. Schwarz and K. Neurand (1973b). "Die Corpus-luteum-Zyste des Rindes Mikromorphologie und Diskussion ihrer Entstehung." *Zentralblatt für Veterinärmedizin: Reihe A* 20(4): 292-304.

Howell, J., J. Fuquay and A. Smith (1994). "Corpus luteum growth and function in lactating Holstein cows during spring and summer." *Journal of Dairy Science* 77(3): 735-739.

Ireland, J. J., R. Murphee and P. Coulson (1980). "Accuracy of predicting stages of bovine estrous cycle by gross appearance of the corpus luteum." *Journal of Dairy Science* 63(1): 155-160.

Kadzere, C. T., M. Murphy, N. Silanikove and E. Maltz (2002). "Heat stress in lactating dairy cows: a review." *Livestock Production Science* 77(1): 59-91.

Kähn, W. (1986). "Occurrence and growth dynamics of the cystic corpora lutea in the estrus cycle of cattle and their hormone profile." *Deutsche tierärztliche Wochenschrift* 93(10): 475-480.

Kähn, W. (1989). "Gelbkörper mit und ohne Hohlraum bei Rindern. Ihr Vorkommen und ihre Entwicklung im Zyklus und während der Frühgravidität." *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere - Nutztiere* 4: 1-6.

Kähn, W. and W. Leidl (1986). "Diagnosis of ovarian function in the cow by sonography." *Tierärztliche Umschau* 41: 3-12.

Kähn, W. and W. Leidl (1989). *Ultrasonic characteristics of pathological conditions of the bovine uterus and ovaries. Diagnostic ultrasound and animal reproduction*, Springer: 53-65.

Kaneko, J. J., J. W. Harvey and M. L. Bruss (2008). *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6. Edition, Academic press: 644-657.

Kanitz, W., K.-P. Brüssow and A.-E. Bugislaus (2009). "Verbesserung funktionaler Merkmale: Eine Herausforderung zur vertieften Phänotypisierung." *Archiv für Tierzucht, Sonderheft*: 83-97.

Kastelic, J., S. Curran, R. Pierson and O. Ginther (1988). "Ultrasonic evaluation of the bovine conceptus." *Theriogenology* 29(1): 39-54.

Kastelic, J. P., R. A. Pierson and O. J. Ginther (1990). "Ultrasonic morphology of corpora lutea and central luteal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers." *Theriogenology* 34(3): 487-498.

Kayacik, V., M. R. Salmanoglu, B. Polat and A. Özlüer (2006). "Evaluation of the corpus luteum size throughout the cycle by ultrasonography and progesterone assay in cows." *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 29(6): 1311-1316.

Keskin, A., G. Mecitoglu, E. Bilen, B. Güner, A. Orman, H. Okut and A. Gümen (2016). "The effect of ovulatory follicle size at the time of insemination on pregnancy rate in lactating dairy cows." *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 40: 68-74.

Kito, S., K. Okuda, K. Miyazawa and K. Sato (1986). "Study on the appearance of the cavity in the corpus luteum of cows by using ultrasonic scanning." *Theriogenology* 25(2): 325-333.

Kressin, M., B. Schnorr and R. Brehm (2011). Sexualzyklus. In: *Embryologie der Haustiere*, Georg Thieme Verlag: 27-36.

Kroker, R. (1999). Hormone und hormonell wirksame Pharmaka. In: *Grundlagen der Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren*, Hrsg. Löscher W, Ungemach FR, Korker R, Paul Parey, Berlin (D): 302-312.

Lonergan, P. (2011). "Influence of progesterone on oocyte quality and embryo development in cows." *Theriogenology* 76(9): 1594-1601.

Lonergan, P., L. O'Hara and N. Forde (2013). "Role of diestrus progesterone on endometrial function and conceptus development in cattle." *Animal Reproduction* 10(2): 223-227.

Lopes, A. S., S. T. Butler, R. O. Gilbert and W. R. Butler (2007). "Relationship of pre-ovulatory follicle size, estradiol concentrations and season to pregnancy outcome in dairy cows." *Animal Reproduction Science* 99(1-2): 34-43.

Lopez, H., L. D. Satter and M. C. Wiltbank (2004). "Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows." *Animal Reproduction Science* 81(3-4): 209-223.

Lucy, M. (2001). "ADSA foundation Scholar Award. Reproductive loss in high-production dairy cattle: Where will it end." *Journal of Dairy Science*: 1277-1293.

Lucy, M., J. Savio, L. Badinga, R. De La Sota and W. Thatcher (1992). "Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle." *Journal of Animal Science* 70(11): 3615-3626.

Lüttgenau, J., H. Mang, N. Borel, R. M. Bruckmaier and H. Bollwein (2016a). "Ultrasonographic examination reduces the percentage of unsuccessful inseminations in dairy cows." *Theriogenology* 85(4): 664-670.

Lüttgenau, J., S. Purschke, G. Tsousis, R. M. Bruckmaier and H. Bollwein (2016b). "Body condition loss and increased serum levels of nonesterified fatty acids enhance progesterone levels at estrus and reduce estrous activity and insemination rates in postpartum dairy cows." *Theriogenology* 85(4): 656-663.

Lüttgenau, J., S. E. Ulbrich, N. Beindorff, A. Honnens, K. Herzog and H. Bollwein (2011). "Plasma progesterone concentrations in the mid-luteal phase are dependent on luteal size, but independent of luteal blood flow and gene expression in lactating dairy cows." *Animal Reproduction Science* 125(1-4): 20-29.

Lynch, C. O., D. A. Kenny, S. Childs and M. G. Diskin (2010). "The relationship between periovulatory endocrine and follicular activity on corpus luteum size, function, and subsequent embryo survival." *Theriogenology* 73(2): 190-198.

Mann, G. and G. Lamming (1999). "The influence of progesterone during early pregnancy in cattle." *Reproduction in Domestic Animals* 34(3-4): 269-274.



Mann, G., P. Merson, M. Fray and G. Lamming (2001). "Conception rate following progesterone supplementation after second insemination in dairy cows." *The Veterinary Journal* 2(162): 161-162.

Mansfeld, R. (1999). "Effects of individual variations of body condition on dairy herd fertility parameters." *Reproduction in Domestic Animals* 34: 23-23.

McNatty, K., N. Hudson, M. Gibb, K. Henderson, S. Lun, D. Heath and G. Montgomery (1984). "Seasonal differences in ovarian activity in cows." *Journal of Endocrinology* 102(2): 189-198.

Mihm, M., A. Baguisi, M. Boland and J. Roche (1994). "Association between the duration of dominance of the ovulatory follicle and pregnancy rate in beef heifers." *Reproduction* 102(1): 123-130.

Mihm, M. and A. Evans (2008). "Mechanisms for dominant follicle selection in monovulatory species: a comparison of morphological, endocrine and intraovarian events in cows, mares and women." *Reproduction in Domestic Animals* 43: 48-56.

Miyamoto, A., K. Shirasuna, M. Wijayagunawardane, S. Watanabe, M. Hayashi, D. Yamamoto, M. Matsui and T. Acosta (2005). "Blood flow: a key regulatory component of corpus luteum function in the cow." *Domestic Animal Endocrinology* 29(2): 329-339.

Nebel, R. L., W. L. Walker, M. L. McGilliard, C. H. Allen and G. S. Heckman (1994). "Timing of Artificial Insemination of Dairy Cows: Fixed Time Once Daily Versus Morning and Afternoon." *Journal of Dairy Science* 77(10): 3185-3191.

Niswender, G., J. Juengel, W. McGuire, C. Belfiore and M. Wiltbank (1994). "Luteal function: the estrous cycle and early pregnancy." *Biology of Reproduction* 50(2): 239-247.

Niswender, G. D., J. L. Juengel, P. J. Silva, M. K. Rollyson and E. W. McIntush (2000). "Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum." *Physiological Reviews* 80(1): 1-29.

Niyas, E., M. Kurien, C. Jayakumar, R. Abhilash, K. Anil and S. Reshma (2019). "Sonographic assessment of follicular and luteal characteristics in repeat breeding cattle with prolonged oestrus." *The Pharma Innovation Journal* 8(3): 486-491.

Okuda, K., S. Kito, N. Sumi and K. Sato (1988). "A study of the central cavity in the bovine corpus luteum." *The Veterinary Record* 123(7): 180-183.

Orihuela, A. n. (2000). "Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review." *Applied Animal Behaviour Science* 70(1): 1-16.

Palmer, M. A., G. Olmos, L. A. Boyle and J. F. Mee (2010). "Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein–Friesian cows." *Theriogenology* 74(2): 255-264.

Perez-Marin, C. (2009). "Formation of corpora lutea and central luteal cavities and their relationship with plasma progesterone levels and other metabolic parameters in dairy cattle." *Reproduction in Domestic Animals* 44(3): 384-389.

Perry, G. A., M. F. Smith, M. C. Lucy, J. A. Green, T. E. Parks, M. D. MacNeil, A. J. Roberts and T. W. Geary (2005). "Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102(14): 5268-5273.

- Pfeifer, L., S. Leal, A. Schneider, E. Schmitt and M. Corrêa (2012). "Effect of the ovulatory follicle diameter and progesterone concentration on the pregnancy rate of fixed-time inseminated lactating beef cows." *Revista Brasileira de Zootecnia* 41(4): 1004-1008.
- Pierson, R. and O. Ginther (1984). "Ultrasonography of the bovine ovary." *Theriogenology* 21(3): 495-504.
- Pierson, R. and O. Ginther (1987). "Reliability of diagnostic ultrasonography for identification and measurement of follicles and detecting the corpus luteum in heifers." *Theriogenology* 28(6): 929-936.
- Pierson, R. A. and O. J. Ginther (1988). "Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle." *Theriogenology* 29(1): 21-37.
- Pieterse, M., O. Szenci, A. Willemse, C. Bajcsy, S. Dieleman and M. Taverne (1990). "Early pregnancy diagnosis in cattle by means of linear-array real-time ultrasound scanning of the uterus and a qualitative and quantitative milk progesterone test." *Theriogenology* 33(3): 697-707.
- Pohler, K. G., T. W. Geary, J. A. Atkins, G. A. Perry, E. M. Jinks and M. F. Smith (2012). "Follicular determinants of pregnancy establishment and maintenance." *Cell and Tissue Research* 349(3): 649-664.
- Rajakoski, E. (1960). "The ovarian follicular system in sexually mature heifers with special reference to seasonal, cyclical, and left-right variations." *European Journal of Endocrinology* 34(3): 7-68.
- Reimers, T., S. Lamb, S. Bartlett, R. Matamoros, R. Cowan and J. Engle (1991). "Effects of hemolysis and storage on quantification of hormones in blood samples from dogs, cattle, and horses." *American Journal of Veterinary Research* 52(7): 1075-1080.
- Revah, I. and W. Butler (1996). "Prolonged dominance of follicles and reduced viability of bovine oocytes." *Reproduction* 106(1): 39-47.
- Rizzo, A., A. L. Stefani, M. Piccinno, M. Roncetti, G. D'Onghia and R. L. Sciorsci (2016). "Dynamics of the progesterone and cholesterol concentrations within the bovine corpus luteum cavity." *Research in Veterinary Science* 109: 56-58.
- Robinson, R. S., A. J. Hammond, D. C. Wathes, M. G. Hunter and G. E. Mann (2008). "Corpus luteum-endometrium-embryo interactions in the dairy cow: underlying mechanisms and clinical relevance." *Reproduction in Domestic Animals* 43: 104-112.
- Rocha, C. C., T. Martins, B. O. Cardoso, L. A. Silva, M. Binelli and G. Pugliesi (2019). "Ultrasonography-accessed luteal size endpoint that most closely associates with circulating progesterone during the estrous cycle and early pregnancy in beef cows." *Animal Reproduction Science* 201: 12-21.
- Romano, J. E., J. A. Thompson, D. W. Forrest, M. E. Westhusin, M. A. Tomaszewski and D. C. Kraemer (2006). "Early pregnancy diagnosis by transrectal ultrasonography in dairy cattle." *Theriogenology* 66(4): 1034-1041.
- Roth, Z., A. Arav, A. Bor, Y. Zeron, R. Braw-Tal and D. Wolfenson (2001a). "Improvement of quality of oocytes collected in the autumn by enhanced removal of impaired follicles from previously heat-stressed cows." *Reproduction* 122(5): 737-744.

Roth, Z., R. Meidan, A. Shaham-Albalancy, R. Braw-Tal and D. Wolfenson (2001b). "Delayed effect of heat stress on steroid production in medium-sized and preovulatory bovine follicles." *Reproduction* 121(5): 745-751.

Sangsritavong, S., D. Combs, R. Sartori, L. Armentano and M. Wiltbank (2002). "High feed intake increases liver blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 $\beta$  in dairy cattle." *Journal of Dairy Science* 85(11): 2831-2842.

Santos, J., W. Thatcher, R. Chebel, R. Cerri and K. Galvao (2004). "The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs." *Animal Reproduction Science* 82: 513-535.

Santos, J. E., C. D. Narciso, F. Rivera, W. W. Thatcher and R. C. Chebel (2010). "Effect of reducing the period of follicle dominance in a timed artificial insemination protocol on reproduction of dairy cows." *Journal of Dairy Science* 93(7): 2976-2988.

Sarmento, S. S. (2004). Untersuchungen zur verzögerten Ovulation beim Rind. Dissertation der Veterinärmedizin, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Sartori, R., P. M. Fricke, J. C. Ferreira, O. Ginther and M. C. Wiltbank (2001). "Follicular deviation and acquisition of ovulatory capacity in bovine follicles." *Biology of Reproduction* 65(5): 1403-1409.

Sartori, R., R. Sartor-Bergfelt, S. Mertens, J. Guenther, J. Parrish and M. Wiltbank (2002). "Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter." *Journal of Dairy Science* 85(11): 2803-2812.

Savio, J., L. Keenan, M. Boland and J. Roche (1988). "Pattern of growth of dominant follicles during the oestrous cycle of heifers." *Reproduction* 83(2): 663-671.

Savio, J., W. Thatcher, G. Morris, K. Entwistle, M. Drost and M. Mattiacci (1993). "Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle." *Reproduction* 98(1): 77-84.

Schönwälder, K. S. (2013). Untersuchungen zum Trächtigkeitsverlust zwischen zwei Terminen der Trächtigkeitsuntersuchung bei Milchkühen. Dissertation der Veterinärmedizin, Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen.

Sheldon, I. M. (2004). "The postpartum uterus." *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 20(3): 569-591.

Sheldon, I. M., S. B. Price, J. Cronin, R. O. Gilbert and J. E. Gadsby (2009). "Mechanisms of infertility associated with clinical and subclinical endometritis in high producing dairy cattle." *Reproduction in Domestic Animals* 44: 1-9.

Singh, J., R. A. Pierson and G. P. Adams (1997). "Ultrasound image attributes of the bovine corpus luteum: structural and functional correlates." *Reproduction* 109(1): 35-44.

Siqueira, L. G., E. K. Arashiro, A. M. Ghetti, E. D. Souza, L. F. Feres, L. F. Pfeifer, J. F. Fonseca and J. H. Viana (2019). "Vascular and morphological features of the corpus luteum 12 to 20 days after timed artificial insemination in dairy cattle." *Journal of Dairy Science* 102(6): 5612-5622.

Siqueira, L. G., C. A. Torres, L. S. Amorim, E. D. Souza, L. S. Camargo, C. A. Fernandes and J. H. Viana (2009). "Interrelationships among morphology, echotexture, and function of the bovine corpus luteum during the estrous cycle." *Animal Reproduction Science* 115(1-4): 18-28.

Sirard, M. A., F. Richard, P. Blondin and C. Robert (2006). "Contribution of the oocyte to embryo quality." *Theriogenology* 65(1): 126-136.

Sirois, J. and J. Fortune (1988). "Ovarian Follicular Dynamics during the Estrous Cycle in Heifers Monitored by Real-Time Ultrasonograph." *Biology of Reproduction* 39(2): 308-317.

Smith, M., E. McIntush and G. Smith (1994). "Mechanisms associated with corpus luteum development." *Journal of Animal Science* 72(7): 1857-1872.

Souza, A., A. Gümen, E. Silva, A. Cunha, J. Guenther, C. Peto, D. Caraviello and M. Wiltbank (2007). "Supplementation with estradiol-17 $\beta$  before the last gonadotropin-releasing hormone injection of the Ovsynch protocol in lactating dairy cows." *Journal of Dairy Science* 90(10): 4623-4634.

Spicer, L. and S. Echternkamp (1995). "The ovarian insulin and insulin-like growth factor system with an emphasis on domestic animals." *Domestic Animal Endocrinology* 12(3): 223-245.

Taylor, C. and R. Rajamahendran (1991). "Follicular dynamics, corpus luteum growth and regression in lactating dairy cattle." *Canadian Journal of Animal Science* 71(1): 61-68.

Tenhagen, B. A., M. Wittke, M. Drillich and W. Heuwieser (2003). "Timing of ovulation and conception rate in primiparous and multiparous cows after synchronization of ovulation with GnRH and PGF2 $\alpha$ ." *Reproduction in Domestic Animals* 38(6): 451-454.

Thatcher, W., M. Drost, J. Savio, K. Macmillan, K. Entwistle, E. Schmitt, R. De la Sota and G. Morris (1993). "New clinical uses of GnRH and its analogues in cattle." *Animal Reproduction Science* 33(1-4): 27-49.

Tom, J., R. Pierson and G. Adams (1998). "Quantitative echotexture analysis of bovine corpora lutea." *Theriogenology* 49(7): 1345-1352.

Townson, D., P. C. Tsang, W. Butler, M. Frajblat, L. C. Griel Jr, C. Johnson, R. Milvae, G. Niksic and J. L. Pate (2002). "Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows." *Journal of Animal Science* 80(4): 1053-1058.

Trimberger, G. W. and H. Davis (1943). "Conception rate in dairy cattle by artificial insemination at various stages of estrus." *Historical Research Bulletins of the Nebraska Agricultural Experiment Station (1913-1993)* 47.

Van Cleeff, J., K. Macmillan, M. Drost, M. Lucy and W. Thatcher (1996). "Effects of administering progesterone at selected intervals after insemination of synchronized heifers on pregnancy rates and resynchronization of returns to service." *Theriogenology* 46(7): 1117-1130.

Van Eerdenburg, F., D. Karthaus, M. Taverne, I. Mercis and O. Szenci (2002). "The relationship between estrous behavioral score and time of ovulation in dairy cattle." *Journal of Dairy Science* 85(5): 1150-1156.

Van Eerdenburg, F., H. Loeffler and J. Van Vliet (1996). "Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem." *Veterinary Quarterly* 18(2): 52-54.

Van Vliet, J. and F. Van Eerdenburg (1996). "Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows." *Applied Animal Behaviour Science* 50(1): 57-69.

Vasconcelos, J., R. Sartori, H. Oliveira, J. Guenther and M. Wiltbank (2001). "Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate." *Theriogenology* 56(2): 307-314.

Veerkamp, R., B. Beerda and T. Van der Lende (2003). "Effects of genetic selection for milk yield on energy balance, levels of hormones, and metabolites in lactating cattle, and possible links to reduced fertility." *Livestock Production Science* 83(2-3): 257-275.

Veronesi, M., G. Gabai, M. Battocchio, A. Mollo, F. Soldano, G. Bono and F. Cairoli (2002). "Ultrasonographic appearance of tissue is a better indicator of CL function than CL diameter measurement in dairy cows." *Theriogenology* 58(1): 61-68.

Wagner, W., R. Strohbehn and P. Harris (1972). "ACTH, corticoids and luteal function in heifers." *Journal of Animal Science* 35(4): 789-793.

Washburn, S., W. Silvia, C. Brown, B. McDaniel and A. McAllister (2002). "Trends in reproductive performance in southeastern Holstein and Jersey DHI herds." *Journal of Dairy Science* 85(1): 244-251.

Wiltbank, M. (1998). "Improving reproductive efficiency in high producing dairy cattle." *Cattle Practice* 6(4): 261-273.

Wiltbank, M., H. Lopez, R. Sartori, S. Sangsritavong and A. Gumen (2006). "Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism." *Theriogenology* 65(1): 17-29.

Wiltbank, M., A. Souza, J. Giordano, A. Nascimento, J. Vasconcelos, M. Pereira, P. Fricke, R. Surjus, F. Zinsly and P. Carvalho (2018). "Positive and negative effects of progesterone during timed AI protocols in lactating dairy cattle." *Animal Reproduction* 9(3): 231-241.

Yoshida, C. and T. Nakao (2005). "Response of plasma cortisol and progesterone after ACTH challenge in ovariectomized lactating dairy cows." *Journal of Reproduction and Development* 51(1): 99-107.

Zheng, J., D. A. Redmer and L. P. Reynolds (1993). "Vascular development and heparin-binding growth factors in the bovine corpus luteum at several stages of the estrous cycle." *Biology of Reproduction* 49(6): 1177-1189.

## 9. Anhang

### 9.1 Datenblatt Kuh

#### Zeitpunkt KB

Besamer: ☐ BL ☐ ME Datum: \_\_\_\_\_

Name Kuh: \_\_\_\_\_

12-stellige OM Nr.: \_\_\_\_\_

Betrieb: \_\_\_\_\_

Rasse: ☐ RH ☐ HF ☐ BS ☐ SF ☐ Jersey ☐ Andere: \_\_\_\_\_

Geburtsdatum: \_\_\_\_\_ (Tag/Monat/Jahr)

Laktationsnummer: ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8

Jahresleistung der letzten Laktation: \_\_\_\_\_

Letzte Abkalbung: \_\_\_\_\_ (Tag/Monat/Jahr)

Jahreszeit: ☐ kalt (Sept-Mai) ☐ warm (Juni-August)

Bekannte Begleiterkrankungen: ☐ keine ☐ Ketose ☐ Lahmheit ☐ \_\_\_\_\_

Anzahl vorherige Besamungen in dieser Laktation: \_\_\_\_\_

Gynäkologische Therapien vor KB: ☐ keine ☐ Spirale ☐ PG ☐ GnRH

Erkennbare Brunstsymptome: ☐ keine ☐ Unruhe ☐ Milchrückgang  
☐ Aufspringen ☐ Stehen ☐ vaginaler Schleim erkennbar

Vaginaler Brunstschleim: ☐ Ja ☐ Nein

Bei Brunstschleim: • Menge: - / + / ++ / +++

• Viskosität: ☐ wässrig ☐ fadenziehend ☐ zäh

• Trübung: ☐ keine ☐ einzeln Flocken ☐ < 50% ☐ >50%

Follikel: ☐ links ☐ rechts ☐ bds Grösse: \_\_\_\_\_ [mm]

Eisprungsspritze bei aktu. Besamung: ☐ keine ☐ Chorulon1500 ☐ Receptal 2,5ml

### Zeitpunkt Follikelkontrolle

Besamer: ☐ BL ☐ ME Datum: \_\_\_\_\_

Follikel gesprungen: ☐ links ☐ rechts ☐ bds ☐ nein

Follikelgrösse: \_\_\_\_\_[mm]

Doppelbesamung: ☐ ja ☐ nein

Eisprungsspritze bei Doppelbesamung: ☐ keine ☐ Chorulon1500

Follikel gesprungen nach Doppelbesamung: ☐ links ☐ rechts ☐ bds ☐ nein

### Zeitpunkt CL-Kontrolle

Besamer: ☐ BL ☐ ME Datum: \_\_\_\_\_

CL: ☐ links ☐ rechts ☐ bds ☐ keines

CL-Hohlraum: ☐ ja ☐ nein

CL-Grösse: \_\_\_\_\_[mm]

CL-Hohlraumgrösse: \_\_\_\_\_[mm]

### Zeitpunkt frühe TU

Besamer: ☐ BL ☐ ME Datum: \_\_\_\_\_

CL: ☐ links ☐ rechts ☐ bds ☐ keines

CL-Hohlraum: ☐ ja ☐ nein

CL-Grösse: \_\_\_\_\_[mm]

CL-Hohlraumgrösse: \_\_\_\_\_[mm]

Trächtigkeit: ☐ ja ☐ nein ☐ fraglich

### Zeitpunkt definitive TU

Besamer: ☐ BL ☐ ME Datum: \_\_\_\_\_

CL: ☐ links ☐ rechts ☐ bds ☐ keines

CL-Hohlraum: ☐ ja ☐ nein

CL-Grösse: \_\_\_\_\_[mm]

CL-Hohlraumgrösse: \_\_\_\_\_[mm]

Trächtigkeit: ☐ ja ☐ nein

## 9.2 Datenblatt Betrieb

Datum: \_\_\_\_\_

Betrieb: \_\_\_\_\_

Haltungsform: ☐ Anbindung ☐ Freilauf

Anz. lakt. Kühe: \_\_\_\_\_

Durchsch. Jahres Stallmilchleistung: \_\_\_\_\_

Anz. Tage für Stallmilchleistung: ☐ ca. 305 Tage (Zuchtverband)  
☐ Jeden Laktationstag (Roboter)

Fütterung: ☐ manuell ☐ Teilmischration ☐ Totalmischration

Grundfutter Sommer: ☐ Grassilage ☐ Maissilage ☐ Heu ☐ Kraftfutter  
☐ Lucerene ☐ Rübenschnitzel ☐ \_\_\_\_\_

Weide Sommer: ☐ nein ☐ <6h ☐ 6-12h ☐ 12-18h ☐ 18-24h

Grundfutter Winter: ☐ Grassilage ☐ Maissilage ☐ Heu ☐ Kraftfutter  
☐ Lucerene ☐ Rübenschnitzel ☐ \_\_\_\_\_

Weide Winter: ☐ nein ☐ <6h ☐ 6-12h ☐ 12-18h ☐ 18-24h

Brunsterkennung: ☐ Beobachtung ☐ Roboter ☐ Anderes: \_\_\_\_\_

Bodenbeschaffenheit: ☐ rutschig ☐ rutschfest ☐ hart ☐ weich

Erstbesamungsindex vom letzten Jahr: \_\_\_\_\_



## 9.3 Informationsbrief und Einverständniserklärung

# Information zur Doktorarbeit

von Mario Eggenschwiler, Tierarztpraxis Spiegelberg

Im Rahmen meiner Weiterbildung zum Fachtierarzt für Wiederkäuer erstelle ich eine Doktorarbeit. Diese werde ich berufsbegleitend durchführen. In der Arbeit befasse ich mich mit der Fruchtbarkeit von Milchkühen: ich möchte zeigen, dass man anhand der Befunde auf den Eierstöcken der brünstigen Kuh bei der Besamung und anhand des Gelbkörpers 8-10 Tage nach der Besamung eine Prognose für eine erfolgreiche Trächtigkeit stellen kann. Die Erkenntnisse aus meiner Dissertation sollen helfen, die Zeit, in welcher die Kuh nicht trächtig ist, zu verkürzen und die Abgänge aufgrund Unfruchtbarkeit zu reduzieren.

### Versuchsaufbau

|             |   |
|-------------|---|
| Tag 0       | Ultraschalluntersuchung der Eierstöcke vor der Besamung, künstliche Besamung (KB), Blutentnahme aus der Schwanzvene |
| Tag 1       | Eisprungkontrolle, ev. nochmal KB   |
| Tage 8-10   | Ultraschalluntersuchung der Eierstöcke, Blutentnahme  |
| Tage 32-36  | Frühe Trächtigkeitskontrolle und Ultraschalluntersuchung der Eierstöcke   |
| Ab 42 Tagen | Definitive Trächtigkeitskontrolle und Ultraschalluntersuchung der Eierstöcke  |

Die Untersuchungen werden von Bessy und mir durchgeführt. Jede Kuh wird nur einmal in die Studie miteinbezogen.

### Vorzüge, Aufwände, Kosten

Durch deine Teilnahme kannst du von einer engen Überwachung (Untersuchung der Eierstöcke vor KB, Eisprungkontrolle, Überprüfung des Vorhandenseins eines Gelbkörpers und frühe Trächtigkeitsuntersuchung) der besamten Kühe profitieren.

Um den Aufwand deinerseits möglichst gering zu halten, werden wir die Termine nach Absprache ansetzen.

Finanziell hast du keinen Mehraufwand, die Kosten für die KB (30 Fr. plus Genetik) sind wie gewohnt und die Trächtigkeitsuntersuchung ab 42 Tagen (10 Fr.) entsprechen den Kosten für die Trächtigkeitskontrolle über die Milch. Bist du Eigenbestandsbesamer entfällt der Betrag von 30 Fr. für die Besamung.

Falls bei einem Besuch aufgrund der Dissertation weitere tierärztliche Tätigkeiten anstehen, werden diese selbstverständlich erledigt und es wird ein «Besuch bei Dissertation» verrechnet, der um 14 Fr. gegenüber dem üblichen Besuchstarif reduziert ist.

Ich hoffe, dir eine einfache Übersicht über meine Doktorarbeit sowie die Vorzüge bei einer Teilnahme gegeben zu haben, und würde mich sehr über deine Teilnahme freuen.

Für weitere Informationen stehe ich gerne zur Verfügung.

## Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, meine Tiere für die Dissertation von Mario Eggenschwiler, Tierarztpraxis Spiegelberg, zur Verfügung zu stellen. Ich wurde über die Durchführung, die Ziele sowie die Risiken des Tierversuches verständlich aufgeklärt.

Ort und Datum:

---

Name des Besitzers:

---

Unterschrift:

---

Herzliche Grüsse

Mario Eggenschwiler & Bessy Lejeune

Praxis Tel. : 079 319 90 02

## 10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen herzlich danken, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben:

Herrn Prof. Dr. U. Bleul für die Übernahme des Referates sowie für die Bereitschaft und Unterstützung der berufsbegleitenden Planung und Durchführung der Dissertation, der stets gewährten kompetenten und freundlichen Betreuung, der wertvollen Hilfe bei den statistischen Auswertungen und den konstruktiven Korrekturen der Dissertation.

Herrn Prof. Dr. M. Hässig für die Übernahme des Korreferates sowie für die konstruktiven und wertvollen Kommentaren.

Frau Dr. B. Lejeune für die Ermöglichung zur Erarbeitung, Durchführung und Betreuung der berufsbegleitenden Dissertation, der Mithilfe bei den Untersuchungen und den vermittelten Kontakt zu Herrn Prof. Dr. U. Bleul.

Herrn Prof. Dr. R. Bruckmaier und den Laborantinnen der Veterinärphysiologie der Vetsuisse Fakultät der Universität Bern für die Analyse der Plasmaproben.

Dem ganzen Team der Tierarztpraxis Spiegelberg AG für die Unterstützung beim Verarbeiten der Blutproben und der Organisation der Besuche für die Datensammlung nebst dem normalen Praxisalltag.

Den teilgenommenen Landwirtinnen und Landwirten für ihre aufgebrauchte Zeit, das Bereitstellen ihrer Tiere und das entgegengebrachte Interesse und Vertrauen.

## 11. Curriculum Vitae

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Vorname Name | Eggenschwiler Mario |
| Geburtsdatum | 05. März 1991       |
| Geburtsort   | Solothurn           |
| Nationalität | Schweiz             |
| Heimatort    | Aedermannsdorf      |

### **Schul Ausbildung**

|                   |   |
|-------------------|---|
| 08/1998 - 07/2004 | Primarschule, Küttigkofen, Schweiz            |
| 08/2004 - 07/2006 | Bezirksschule, Messen und Schnottwil, Schweiz |
| 08/2006 - 06/2010 | Kantonsschule, Solothurn, Schweiz             |

### **Höchster Schulabschluss**

|               |  |
|---------------|--|
| 30. Juni 2010 | Matura, Profil: Wirtschaft und Recht, Kantonsschule Solothurn, Schweiz |
|---------------|--|

### **Studium**

|                   |   |
|-------------------|---|
| 09/2011 - 12/2016 | Veterinärmedizin, Universität Bern, Schweiz |
|-------------------|---|

### **Abschlussprüfung vet. med.**

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| 30. Dezember 2016 | Universität Bern, Schweiz |
|-------------------|---------------------------|

### **Anfertigung der Dissertation**

|                   |   |
|-------------------|---|
| 09/2018 - 12/2020 | unter Leitung von Prof. Dr. med. vet. Ulrich Bleul<br>am Departement für Nutztiere, Klinik für<br>Reproduktionsmedizin<br>der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich<br>Vorsteher: Prof. Dr. med. vet. Heiner Bollwein |
|-------------------|---|

### **Anstellungen nach Abschluss des veterinärmedizinischen Studiums**

01/2017 - Aktuell

Tierarzt bei Tierarztpraxis Spiegelberg AG, Halten SO,  
Schweiz